

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N° 64

THESE

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

le 26 novembre 2020

par

GODARD Aurélien

né le 15 août 1992 à CONFLANS St^e HONORINE

Les ancrages squelettiques par mini-plaques : analyse d'une série de
cas posés au CHU de Strasbourg et élaboration d'un formulaire
d'évaluation clinique

Président : Professeur CLAUSS François

Assesseeurs : Docteur BAHI-GROSS Sophie

Docteur WAGNER Delphine

Docteur GROLLEMUND Bruno

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur Robert FRANK

Professeur Maurice LEIZE

Professeur Youssef HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur Henri TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme Françoise DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Louis DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAÏKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Marie-Cécile MANIERE	Odontologie Pédiatrique
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Maryline MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Anne-Marie MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Béatrice WALTER	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie

Délégation (Juin 2024)

Maîtres de Conférences

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHİ-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Abdessahmad BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Nadia LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique
<i>Disponibilité (Nov. 2020)</i>	
Davide MANCINO	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Damien OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Catherine PETIT	Parodontologie
François REITZER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie Pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Prothèses
Delphine WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale
<i>Délégation (Août 2021)</i>	
Etienne WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

Nadia JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche/Directrice d'UMR
Philippe LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
Pierre SCHAAF	UdS / Professeur des Universités / Directeur d'UMR
Bernard SENGHER	INSERM / Directeur de Recherche

Remerciements

A Monsieur le Professeur François CLAUSS,
Président du jury,

Je vous remercie d'avoir accepté de présider cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères et de mon respect le plus profond.

A Madame le Docteur Sophie BAHİ-GROSS
Directrice de thèse

Je vous remercie d'avoir accepté d'encadrer mon travail et de m'avoir guidé dans l'écriture. Je vous remercie également de l'énergie et la convivialité que vous transmettez dans votre travail. Merci enfin de la confiance que vous portez à vos internes. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma gratitude.

A Monsieur le Docteur Bruno GROLLEMUND
Membre du jury,

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Je te remercie également de ta disponibilité sans faille qui m'a permis d'apporter les bases cliniques de ce travail. Merci de la sympathie et la générosité dont tu as fait preuve durant cette collaboration. Trouve dans ce travail l'expression de ma gratitude.

A Madame le Docteur Delphine WAGNER,
Membre du jury,

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Je vous remercie également pour votre aide dans l'élaboration de ce travail. Merci enfin de votre présence et votre soutien pendant cette période particulière qu'a été le confinement. Soyez assurée de ma gratitude et de ma reconnaissance.

Je dédie cette thèse à:

mes parents pour votre soutien à toutes les étapes de ma vie, pour les valeurs que vous m'avez transmises et pour tous ces traits de caractères hérités de l'un ou de l'autre. Vous rendre fiers est une vraie source de motivation.

*L'imprimante du conseil général sans qui tous ces photocopiés n'existeraient pas
mes oncles et tantes à deux syllabes Nana, coco, loulou, liline et Michel, le Louis
Armstrong de la rue de Rouen, Martine et Michel qui m'avez donné le goût de la
montagne à pied ou en courant*

Benoît et Gaétan qui m'avez inspiré et motivé dans cette voie

*Brigitte et Eszter et mes petits cousins Emma, Sacha, Robin, Louka qui grandissent
trop vite*

Delphine, Maxime, Mathilde et Zoé

*tous mes oncles et tantes et cousins Godard en espérant vous voir réunis plus
souvent*

mes regrettés grand parents Georges, André, Yvette

ma grand-mère Huguette

*Camille, mon unique, ma perle, mon repère, merci d'être celle sur qui je peux
compter quoi qu'il arrive, merci de me supporter chaque jour même si c'est loin d'être
facile. C'est avec toi que ma vie prend toutes ses couleurs.*

*Trouche et Frechou la colloc de porte de Vincennes qui n'a pas brûlé et c'est un vrai
miracle, mes amis de Cergy Guigui, Adelson, Velupilou après toutes ses buchasses
coulées on a réussi à s'en sortir à coup de protéines et de rhum !*

*mes amis de la fac Mathieu, Gael, Aliette merci d'avoir animé la colloc et les nuits
des voisins,*

*Samer et Mathilde les amoureux fraîchement mariés sans oublier la k-clinic, Thomas
kakiche dit le professeur, momo et ton scenic, kamarad Louis, Théo*

*Valentin et Thomas les randonneurs fragiles de l'extrême, Maxime et les gergyssois
mes cointernes et chef Maxence, Eloi, Arthur, Pierre-Etienne, Alice pour ces bons
moments en maxillo*

mes amis desco Martin, Jean, Théo, Quentin les niglos sûrs

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N° 64

THESE

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

le 26 novembre 2020

par

GODARD Aurélien

né le 15 août 1992 à CONFLANS St^e HONORINE

Les ancrages squelettiques par mini-plaques : analyse d'une série de
cas posés au CHU de Strasbourg et élaboration d'un formulaire
d'évaluation clinique

Président : Professeur CLAUSS François

Assesseeurs : Docteur BAHI-GROSS Sophie

Docteur WAGNER Delphine

Docteur GROLLEMUND Bruno

Table des matières

Table des figures	5
Table des tableaux	8
Introduction.....	9
1 : Présentation des plaques d'ancrage	10
1.1 Généralités	10
1.1.1 Principes biomécaniques	10
1.1.2 Ancrage osseux	12
1.2 Historique	13
1.3 Indications	15
1.3.1 Avantages par rapport aux minivis.....	16
1.3.2 Traitements orthopédiques	17
1.3.3 Mouvements dans le plan sagittal.....	18
1.3.3.1 Correction des Classes II par distalisation maxillaire	18
1.3.3.2 Distalisation des molaires mandibulaires.....	20
1.3.3.3 Mésialisation des secteurs postérieurs.....	22
1.3.3.4 Redressement d'axes molaires	22
1.3.4 Mouvements dans le plan Vertical	24
1.3.4.1 Correction des Béances antérieures par ingression des molaires..	24
1.3.4.2 Ingression unitaire ou sectorielle	26
1.3.4.3 Correction des asymétries verticales.....	27
1.3.4.4 Désinclusion dentaire	28
1.3.5 Orthodontie pré-prothétique.....	29
1.4 Types de plaques existants	29
1.4.1 Le « Skeletal anchorage system » (Dentsply – Sankin orthoanchor)....	31
1.4.2 Le système Ankotek – TEB (TEKKA).....	32
1.4.3 Le système Bollard (Surgi-tec/ Tita-link)	33
1.4.4 Le système C-tube (KLS – Martin).....	34
1.4.5 Le système Orthodontic – bone – anchor (Synthes).....	35
1.5 Mise en œuvre	36
1.5.1 Bilan pré-chirurgical	36
1.5.1.1 L'entretien clinique	37

1.5.1.2	L'examen clinique.....	37
1.5.1.3	L'examen radiologique	37
1.5.2	Sites receveurs	38
1.5.3	Protocole opératoire.....	40
1.5.4	Position de la tête de plaque.....	43
1.5.5	Consignes post opératoires	43
1.5.6	Mise en charge	44
1.5.7	Dépose	44
1.5.8	Collaboration orthodontico-chirurgicale.....	44
1.6	Limites	45
1.6.1	Contre-indications	45
1.6.2	Complications	46
1.6.3	Coût	47
2	: Revue de la littérature.....	48
2.1	Matériel et méthode.....	48
2.1.1	Sélection des articles	48
2.1.2	Critères analysés	49
2.2	Résultats	50
2.2.1	Délai de mise en charge	51
2.2.2	Conditions de mise en œuvre	52
2.2.3	Sites d'insertion.....	53
2.2.4	Opérateur et type d'anesthésie	53
2.2.5	Définition de l'échec et du succès.....	53
2.2.6	Taux de survie et taux de succès.....	54
2.3	Discussion	57
2.3.1	Complications	57
2.3.1.1	La perforation radiculaire.....	58
2.3.1.2	La mobilité des plaques.....	58
2.3.1.3	Les bourgeonnements muqueux et déhiscence	58
2.3.2	Influence de la localisation	58
2.3.3	Influence du nombre de vis	59
2.3.4	Hygiène orale et conditions locales.....	59
2.3.5	Expérience de l'opérateur	59
3	: Etude rétrospective d'une série de cas posés au CHU de Strasbourg	61
3.1	Matériel et méthode.....	61

3.1.1	Recueil de données	62
3.1.1.1	Données collectées de façon systématique	62
3.1.1.2	Bilan préopératoire	63
3.1.1.3	Type d'ancrage utilisés.....	64
3.1.1.4	Technique utilisée	64
3.1.1.5	Sites d'implantation	66
3.1.1.6	Prescriptions post opératoires	66
3.1.1.7	Critères de jugement	66
3.2	Résultats	66
3.2.1	Indications orthodontiques	67
3.2.2	Localisation	68
3.2.3	Matériel utilisé	68
3.2.4	Complications rencontrées	69
3.2.5	Taux de survie et taux de succès.....	71
3.3	Discussion	72
3.3.1	Localisation	72
3.3.2	Données radiographiques	73
3.3.3	Influence du nombre de vis.....	73
3.3.4	Type de plaques et résistance mécanique.....	74
3.3.5	Conformage de la plaque.....	74
3.3.6	Apport des nouvelles technologies	75
3.3.7	Expérience de l'opérateur	76
3.4	Proposition de protocole d'évaluation clinique standardisée	77
	Conclusion	79
	Références bibliographiques	83
	Annexes.....	89

Table des figures

Figure 1 : Schéma des vecteurs de forces appliquées entre un solide et un ancrage (source : auteur)	10
Figure 2 : Schéma des sites d'ostéosynthèse mandibulaire par miniplaques vissées selon Champy (source : auteur)	13
Figure 3 : Exemple de plaque d'ostéosynthèse façonnée à but d'ancrage orthodontique (source : Umemori 1999)	14
Figure 4 : Mise en place d'un SAS au niveau zygomatique (source : Sugawara 2005)	15
Figure 5 : Conception des miniplaques Bollard® (source : De Clerck 2002)	15
Figure 6 : Traction inter maxillaire de classe III (d'après De Clerck et coll 2011)	17
Figure 7 : Traction maxillaire orthopédique par force extra-orale amarrée sur des ancrages zygomatiques (d'après Cha et coll 2011)	17
Figure 8: séquence de distalisation maxillaire (d'après Sugawa et coll 2006)	18
Figure 9: Distalisation maxillaire sectorielle (d'après De Clerck et coll)	19
Figure 10 : Distalisation en masse de l'arcade maxillaire (d'après Cornelis et coll 2007)	19
Figure 11: Schéma de rétraction du bloc incisivo-canin pour corriger le surplomb (d'après De Clerck et coll 2006)	20
Figure 12 : Séquence de distalisation de l'arcade mandibulaire (source : Sugawara 2004)	20
Figure 13 : Exemple de décompensation pré-chirurgicale par distalisation mandibulaire (source : Bailleau 2012)	21
Figure 14 : Mésialisation des secteurs postérieurs mandibulaires (source : Bailleau 2012)	22
Figure 15 : Radiographie en cours et fin de traitement (source : Enache 2012)	23
Figure 16 : Ingression molaire mandibulaires (source : Sugawara et coll 2005)	24
Figure 17: fermeture d'une béance antérieure par rotation anti-horaire mandibulaire (d'après Barros et coll 2013)	24
Figure 18: ressort d'ingression fixé à la tête de plaque (d'après Everdi et coll 2004)	25
Figure 19 : Schéma des forces d'ingression maxillaire et de contention palatine (source : Faber 2008)	25
Figure 20: ingression de la 16 par miniplaque vestibulaire et minivis palatine (source : Bensaid 2017)	26
Figure 21 : Ingression antérieure par cantilever (source : Thébault 2011)	26
Figure 22 : Positionnement antérieur de l'ancrage pour ingression maxillaire (source : Chung et coll 2011)	27
Figure 23: vue clinique et radiographie initiales (source Farret et coll 2016)	27
Figure 24: ingression maxillaire gauche puis égression du secteur antagoniste par traction élastique (source : Farret et coll 2016)	28
Figure 25 : Désinclusion de la dent 47 à l'aide d'un ancrage osseux postérieur (source : Miyahira et coll 2008)	28
Figure 26 : Ingression molaire maxillaire pour réhabilitation postérieur mandibulaire (source : Faot et coll 2015)	29

Figure 27 : Conception générale des différents systèmes de plaques d'ancrage (source : auteur)	30
Figure 28 : Différents modèles de SAS (source : Sugawara et coll 2005)	31
Figure 29: Exposition de la tête après cicatrisation (source : Sugawara et coll 2005)	31
Figure 30 : Modèles de plaque en T et I, tête universelle (source : Brochure gamme TEB – tekka – Global D)	32
Figure 31 : Fixation d'arc sur la tête de plaque (source : Thébaut 2011)	32
Figure 32 : Modèle plaque coudée (source : www.tita-link.com)	33
Figure 33 : Plaques Bollard avec et sans crochet (source : www.hugo-Declerck.com)	33
Figure 34 : Exemple de tête de plaque Bollard (source : De Clerck et coll 2006)	33
Figure 35 : Modèles de plaque linéaire ou cruciforme (sources : brochure matrix 1.5 KLS - Martin , Chung et coll 2014)	34
Figure 36 : Tube exposé après suture (source : Chung et coll 2011)	34
Figure 37 : Différentes conformations de plaques et têtes (source : brochure Synthes OBA 2019)	35
Figure 38 : Plaque en position symphysaire (courtoisie du Dr Grollemund)	35
Figure 39 : Coupe frontale de CBCT passant au niveau des crêtes infra-zygomatiques (source : auteur)	38
Figure 40 : Cartographie de l'épaisseur moyenne (d'après Rossi et coll)	39
Figure 41 : Sites d'implantation du SAS (recoloré d'après Nagasaka)	39
Figure 42 : Exemple de mise en place au niveau mandibulaire postérieur (courtoisie Dr Bahi)	40
Figure 43 : Différentes localisations inter-dentaires du c-tube system (d'après Chung et coll 2011)	40
Figure 44 : Tracé d'incision mandibulaire d'après Mommaerts	41
Figure 45 : Procédure chirurgicale selon De Clerck et Cornelis	42
Figure 46 : Tunnelisation (d'après Chung et coll 2011)	42
Figure 47: Dates de mise sur le marché et tarifs par fournisseurs (source : auteur)	47
Figure 48 : Comparaison des taux de succès et de survie pour chaque étude (source : auteur)	56
Figure 49: Plaques Synthes (à gauche) et TEB (à droite) en T transformées en L par section d'un trou du corps (source: auteur)	64
Figure 50 : Fixation d'une plaque TEB par 2 vis (source : auteur)	65
Figure 51: Fixation des plaques Synthes (courtoisie du Dr Grollemund)	65
Figure 52 : Graphiques représentant la proportion de chaque système utilisé et le nombre de vis utilisées par système	68
Figure 53 : Bourgeonnement muqueux associée à l'exposition du fût (source : auteur)	69
Figure 54 : Exemple de perte d'ancrage de vis distale de la plaque maxillaire gauche (source : auteur)	69
Figure 55: cas de fracture sur une plaque SAS Stryker (source : auteur)	70
Figure 56: Fraisage du fût fracturé pour créer une rétention (source : auteur)	70
Figure 57 : Coupe coronale du CBCT montrant l'épaisseur osseuse suffisante	73

Figure 58 : Planification opératoire et conception d'un guide chirurgical (source : Paek et coll).....	75
Figure 59 : Guide de forage à appui dentaire (source : Hourfar 2014)	76
Figure 60 : Transfer-jig pour contrôle de la position de la tête de plaque (source : Hourfar 2014)	76
Figure 61: préformage et essaie de la future plaque sur modèle stéréo-lithographique puis fixation pour réalisation d'un éventuel guide (source auteur)	77

Table des tableaux

Tableau 1 : Données démographiques.....	51
Tableau 2 : Systèmes utilisés et conditions de mise en œuvre	52
Tableau 3 : Données brutes, taux de survie rapporté et taux d'échec calculé.....	55
Tableau 4 : Localisation des ancrages et indications	67
Tableau 5 : Distribution des complications et échecs en fonction du type de système	71

Introduction

L'activité de chirurgie orale inclue la pose d'implants oraux de tous types dont les principaux correspondent aux implants endo-osseux visant à supporter une suprastructure prothétique. Le second type d'implant fréquemment mis en place correspond aux implants à visée orthodontique dit temporaires. Ces derniers ont été introduits plus récemment et répondent à une évolution des thérapeutiques orthodontiques. Il en existe plusieurs formes. Leur fonction commune est d'assurer une unité d'ancrage osseuse utilisable par le praticien orthodontiste.

Ce travail portera spécifiquement sur le cas de l'ancrage orthodontique par mini-plaques vissées. Comme tout système implantable ces dernières nécessitent une évaluation clinique qui passe par l'analyse du taux de pertes et les événements indésirables intercurrents. A ce jour le recul clinique sur ces implants est encore modeste et leur utilisation réservée à des praticiens expérimentés.

Un rappel sur les principes biomécaniques des ancrages osseux et les différents moyens utilisés historiquement sera fait. Nous exposerons les différentes indications ainsi que les principaux dispositifs disponibles à ce jour. Nous reverrons également le protocole chirurgical et les limites de cette procédure.

La seconde partie de ce travail portera sur une revue de la littérature scientifique analysant exclusivement les données concernant l'évaluation des taux d'échecs et de complications au travers d'études de cohortes.

Pour illustrer les résultats issus de cette revue de la littérature la dernière partie présentera l'analyse rétrospective d'une série de cas incluant 43 patients traités au sein du CHU de Strasbourg par des praticiens du pôle de médecine et chirurgie buccale et du pôle de chirurgie maxillo-faciale.

Ce travail débouchera sur l'élaboration de formulaires pré et post opératoires nécessaires à un futur protocole d'évaluation clinique à visée prospective.

1 : Présentation des plaques d'ancrage

1.1 Généralités

1.1.1 Principes biomécaniques

Dans le vocabulaire maritime l'ancrage est défini comme l'action de jeter l'ancre à un endroit précis afin d'y maintenir un bateau. En architecture il définit également le procédé visant à assurer la fixité d'un ouvrage(2).

La nécessité d'ancrage répond à la troisième loi établie par Newton et selon laquelle : « à toute action correspond une réaction d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé ».

Lorsqu'une force est appliquée à un solide depuis un autre solide il s'exerce une action réciproque sur ce dernier. La force induira donc un mouvement des deux solides l'un par rapport à l'autre selon une même direction mais un sens opposé.

Dans le cas du mouvement dentaire sous la dépendance d'une force orthodontique, De Nevreze décrit un trinôme caractérisant le solide en déplacement soumis à une force F exercée depuis un point d'ancrage et subissant la résistance du milieu RM à son déplacement. Pour permettre un mouvement du solide, la force doit être

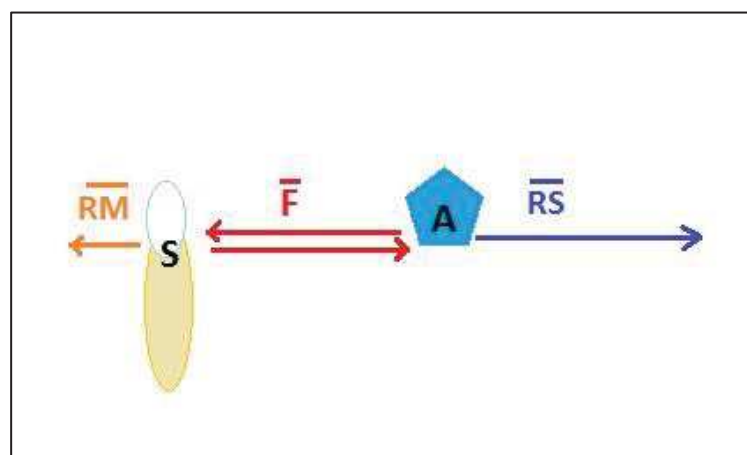


Figure 1 : Schéma des vecteurs de forces appliquées entre un solide et un ancrage (source : auteur)

supérieure à la résistance du milieu mais inférieure à la résistance stable (RS) du point d'ancrage.

Si on a $F > RS$ et $F > RM$ alors on observera un mouvement convergeant du solide et du point d'ancrage.

Ainsi, pour que seul le mouvement du solide se fasse il faut(3) :

$RS > F > RM$ et donc $RS > RM$

La notion d'ancrage désigne un élément dont la résistance stable est suffisante pour permettre le mouvement du corps auquel il est relié et auquel on applique une force. L'ancrage absolu correspond alors à un point fixe du référentiel par rapport auquel on peut déplacer les autres solides(4).

Dans le contexte du mouvement dentaire, l'ancrage définit le point que l'on considère fixe et grâce auquel on déplace les dents. Il est défini par Daskalogiannakis comme le site qui assure une résistance aux forces de réactions engendrées par un appareil orthodontique ou orthopédique(5).

Ces forces de réactions se caractérisent par le déplacement non voulu des dents utilisées comme unité fixe.

Différents ancrages sont accessibles au niveau orthodontique dont le principal est l'ancrage dentaire dont la valeur dépend essentiellement de la surface radiculaire ou encore l'ancrage extra-oral. Tous présentent une perte d'ancrage avec le temps. Il en résulte une action réciproque au niveau de l'unité d'ancrage (déplacements dentaires non désiré). Afin de compenser cette perte d'ancrage des systèmes classiques les ancrages osseux ont été utilisés car ils permettent une stabilité totale de l'unité d'ancrage. La corticale des bases osseuses étant considéré comme non déformable par rapport aux tissus de soutien parodontaux elle constitue un ancrage dit absolu.

L'utilisation de cette corticale osseuse nécessite des dispositifs à appui osseux ou à insertion osseuse. Cette dernière étant principalement réalisée par vissage(3,4).

1.1.2 Ancrage osseux

Il n'existe pas de définition précise de l'ancrage osseux car ce dernier peut prendre de nombreuses formes en fonctions des avancées technologiques qui ont contribué à l'amélioration des thérapeutiques orthodontiques. On peut évoquer l'ancrage osseux extra-oral qui fait appel à un masque à appui frontal comme unité fixe. L'ancrages osseux endo-buccal comprend lui les dispositifs à insertion osseuse directe. On trouve parmi les plus anciens systèmes les implants ostéointégrés ou les ligatures de Melsen(6). Aujourd'hui l'ensemble de ces dispositifs peut être regroupé sous le terme d'ancrages osseux vissés.

Les ancrages vissés répondent à la nécessité d'avoir une unité d'ancrage fiable afin d'appliquer des forces orthodontiques potentiellement élevées. Il s'agit de dispositifs temporaires qui ne nécessitent pas leur ostéo-intégration pour assurer une fonction d'ancrage. La résistance stable est assurée par rétention mécanique liée à la surface de contact entre l'unité de fixation et l'os.

Daskalogiannakis propose de définir l'implant à visée orthodontique ou Temporary Anchorage Devices (TAD) comme « tout implant utilisé pendant le traitement comme ancrage pour un déplacement orthodontique »(5).

Selon Davarpanah et coll l'implant destiné à l'ancrage osseux doit répondre à un cahier des charges incluant(7) :

- la biocompatibilité
- la facilité de pose et dépose sous anesthésie locale
- une taille réduite permettant une insertion en de multiples sites de la cavité buccale
- une tête compatible avec les systèmes de traction orthodontique
- maintien de la stabilité durant tout le temps de traitement
- une résistance aux forces orthodontiques dans les différents plans de l'espace
- un prix accessible

L'implant orthodontique est un dispositif devant répondre aux impératifs suivants (8) ;

Il doit permettre une mise en charge immédiate (non dépendante d'une ostéo-intégration), présenter un temps d'utilisation court et ne pas dépendre de la coopération du patient (être autonome).

Différents dispositifs ont été mis au point. On trouve parmi ceux-ci les implants ostéo-intégrés, les implants palatins, les minis-vis et les mini-plaques.

En 1980, Creekmore rapporte le cas d'un ancrage à l'aide d'une vis insérée dans l'épine nasale antérieure servant d'ancrage osseux à l'ingression des incisives maxillaires(9). Roberts rapporte dès 1990 l'utilisation d'implants vissés dans la zone rétro-molaire et utilisés comme ancrage pour la distalisation molaire(10).

Tous ces systèmes présentent comme avantage, hormis l'accès à un ancrage dit « absolu », de ne pas faire appel à la coopération du patient une fois la pose et l'activation réalisées.

Les ancrages par minivis se sont rapidement généralisés par leur simplicité d'utilisation, tandis que les mini-plaques sont considérées comme plus contraignantes car faisant appel aux services d'un praticien spécialiste en chirurgie orale ou maxillo-faciale(11). La diversité croissante des systèmes de mini-plaques implique une bonne connaissance des procédures de mise en place et d'utilisation.

1.2 Historique

L'introduction des mini-plaques d'ostéosynthèse vissées pour la fixation de fractures mandibulaires a été faite par Champy dans sa publication de 1976. Il en justifie l'efficacité et la stabilité par rapport au blocage intermaxillaire et au vissage par compression. Elles améliorent ainsi les résultats occlusaux et diminuent les suites

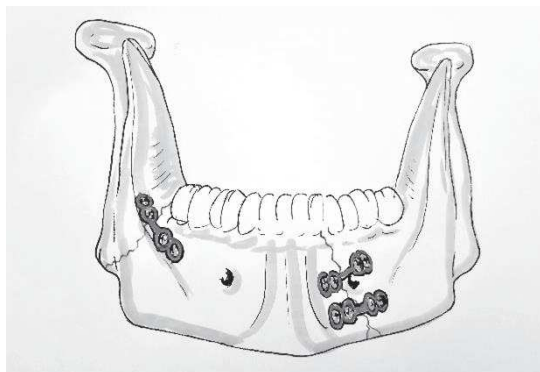


Figure 2 : Schéma des sites d'ostéosynthèse mandibulaire par miniplaques vissées selon Champy (source : auteur)

opératoires(12). La figure 2 présente un exemple des plaques mises au point et leur positionnement en fonction du site à ostéosynthésier.

L'utilisation de plaque d'ostéosynthèse comme ancrage orthodontique est rapportée pour la première fois en 1985 par Jenner et Fitzpatrick(13).

Plus tard, en1999, Umemori et Sugawara modifient ces plaques d'ostéosynthèse à visée d'ancrage pour l'ingression molaire dans le traitement des béances antérieures chez l'hyper-divergent (14).

En 2004 Sugawara décrit la distalisation et l'ingression molaire à l'aide de plaques d'ostéosynthèse (Leibinger-Allemagne) placées sur la ligne oblique externe de la mandibule avec succès. A ce stade une boucle terminale de la plaque est sectionnée partiellement pour en faire un crochet qui sera exposé en endo-buccal (figure 3) (15).

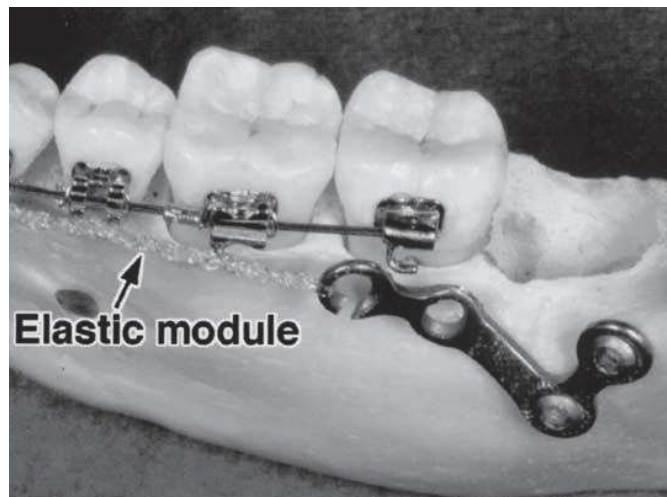


Figure 3 : Exemple de plaque d'ostéosynthèse façonnée à but d'ancrage orthodontique (source : Umemori 1999)

Une étude de CHOI publiée en 2005 étudie ce système de plaques utilisé chez 17 patients pour corriger un inversé d'articulé antérieur(16).

Un des premiers systèmes dédiés correspond au SAS de Sugawara comportant une unité spécifique pour la mise en place de système de traction orthodontique(17). (figure 4)

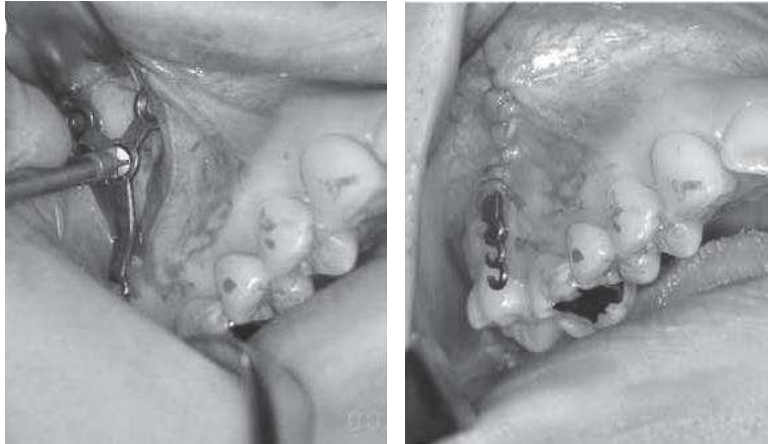


Figure 4 : Mise en place d'un SAS au niveau zygomatique (source : Sugawara 2005)

De Clerck décrit un système similaire destiné à être implanté sur la crête infra-zygomatique qu'il nomme ZAS pour zygomatic anchor system (figure 5). Il permet ainsi la réalisation de mouvements de rétraction de l'arcade maxillaire et d'ingression postérieure(18).



Figure 5 : Conception des miniplaques Bollard® (source : De Clerck 2002)

1.3 Indications

Les ancrages vissés par mini-plaques présentent plusieurs atouts qui en font un élément majeur de l'arsenal thérapeutique orthodontique actuel. (1)

Elles permettent de repousser les limites des mouvements orthodontiques jusqu'alors réalisable par les mécaniques classiques (ingression, distalisation molaires) y compris lors de la préparation à la chirurgie orthognatique ou en substitution en cas de refus de la chirurgie (17)

Les indications et les mouvements orthodontiques et orthopédiques réalisables se sont largement diversifiés au fil du temps. Leur intérêt majeur est le contrôle tridimensionnel des mouvements dentaires ce qui permet l'association d'ingression, égression, version et mésialisation ou distalisation.

La coopération du patient est peu mise en jeux et la gêne post opératoire après pose est considérée comme modérée

1.3.1 Avantages par rapport aux minivis

Les minivis présentent un risque de perforation radiculaire par leur principe de pose inter-radiculaire trans-gingivale. Ce risque diminue avec le diamètre de l'implant mais le risque de fracture devient alors plus important(19).

D'autre part Les miniplaques permettent l'application de forces supérieures aux minivis

Elles offrent un ancrage plus fiable lorsque des forces élevées et discontinues leur sont appliquées, notamment lors des tractions orthopédiques maxillaires(20).

L'étude de Chen YJ en 2007 rapporte un taux d'échec bien supérieur pour les ancrages de type minivis ou microcrew (respectivement 17,4% et 23,6%) par rapport aux miniplaques (1,2%). (21) Miyawaki dans son étude en 2003 rapporte un taux de succès de 97% pour 17 miniplaques de type SAS contre 85% pour 170 minivis de différents calibres(22).

Enfin les plaques n'interfèrent pas avec les racines dentaires en mouvement

En effet leur situation apicale par rapport aux apex dentaires et les vis mono-corticales permettent une liberté de mouvement dentaire sans risque de contact avec le dispositif(17,23). Elles permettent ainsi des mouvements de l'arcade tout entière (25).

1.3.2 Traitements orthopédiques

Les miniplaques sont utilisées précocement dans le traitement interceptif des classes III squelettiques et permettent l'application d'une force orthopédique purement squelettique par tractions intermaxillaires élastiques entre les miniplaques maxillaires et mandibulaires (figure 6)(26).

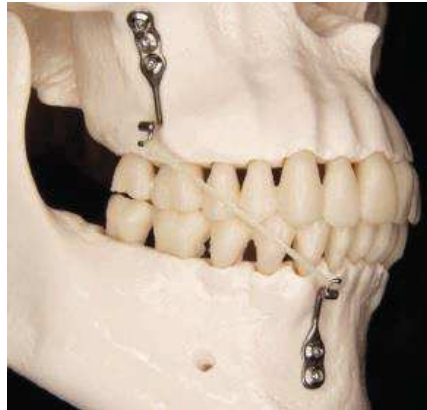


Figure 6 : Traction inter maxillaire de classe III (d'après De Clerck et coll 2011)

Cette traction peut également être réalisée par la mise en place d'un masque facial type masque de Delaire directement sur les miniplaques maxillaires(figure 7)(27).

L'application d'une force orthopédique a pour but la stimulation de la croissance antérieure du maxillaire par traction sélective sans effet parasite au niveau mandibulaire.

Cha et coll rapportent l'utilisation de ce type de système chez des enfants de 9 ans avec mise en place de plaques zygomatiques obliques pendant 10 mois(27). Ils notent une absence de bascule du plan d'occlusion ce qui constitue un intérêt majeur.

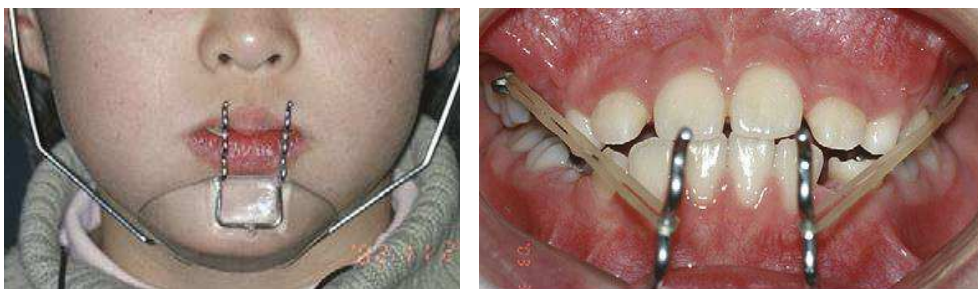


Figure 7 : Traction maxillaire orthopédique par force extra-orale amarrée sur des ancrages zygomatiques (d'après Cha et coll 2011)

Les plaques peuvent également trouver leur indication dans les cas de classe III d'indication chirurgicale en cas de refus de la chirurgie orthognatique.

Lorsque le décalage inter-arcade ne peut pas être corrigé chirurgicalement les mouvements de distalisation et ingression molaire permettent une correction des malocclusions sévères avec l'obtention d'un guidage incisif fonctionnel(17).

1.3.3 Mouvements dans le plan sagittal

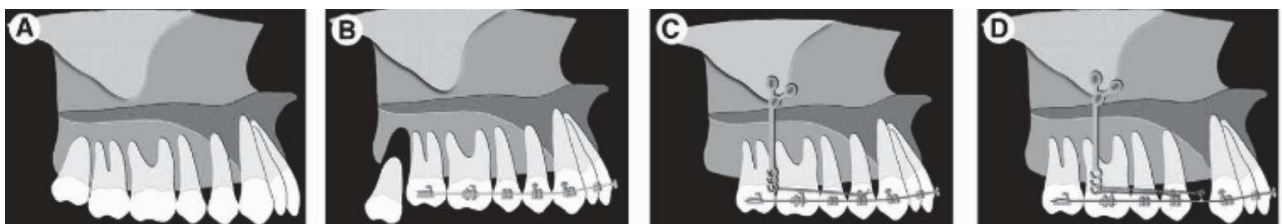
Les ancrages par plaques sont indispensables dans les mouvements de distalisation ou mésialisation des dents postérieures maxillaires et mandibulaires nécessaires au traitement d'un décalage sagittal de classe II ou encore la décompensation pré-chirurgicale des classes III selon Sugawara (28).

1.3.3.1 Correction des Classes II par distalisation maxillaire

Les mouvements de distalisation molaire sont très difficiles voire impossibles à réaliser sans ancrage osseux particulièrement chez l'adulte selon Sugawara. (15)

Sugawara puis De Clerck décrivent la correction des malocclusions de classe II d'Angle par distalisation isolée des molaires puis par la distalisation sectorielle du bloc prémolaire et antérieur(figure 8).(15,29) La rétraction dite « en masse » de l'ensemble de l'arcade maxillaire peut également être réalisée . Ce mouvement peut être associé ou non à l'extraction de prémolaires.

Pour cela les dispositifs d'ancrage sont placés au niveau de la crête infra-zygomatique(17,30).



- Traitement sans extraction de prémolaires :

Dans le cas de la correction des classes II d'Angle sans extractions de prémolaires, la pose des ancrages est précédée par l'avulsion des éventuelles troisièmes molaires puis le nivellement de l'arcade par un appareillage fixe.

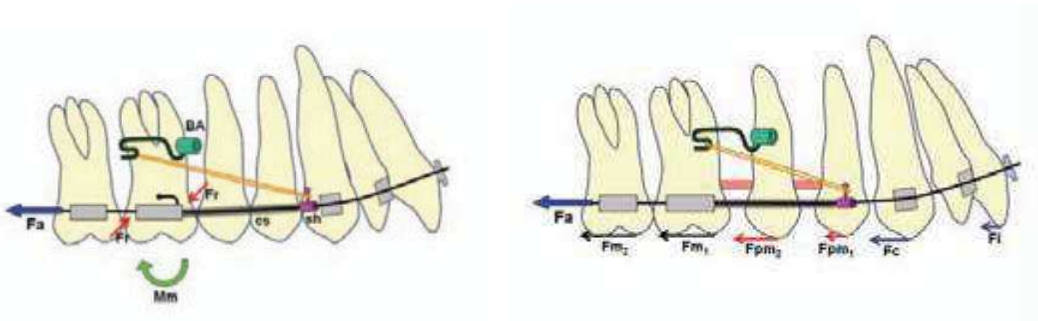


Figure 9: Distalisation maxillaire sectorielle (d'après De Clerck et coll)

La thérapeutique débute par la distalisation des premières et deuxièmes molaires simultanément afin de créer des espaces puis les prémolaires et canines sont distalées à leur tour (figure 9). Cette force est appliquée par l'intermédiaire d'un jig et d'un arc rigide relié au tube vestibulaire des molaires à distaler. Pour finir le bloc incisif est rétracté et ingressé pour corriger le surplomb initial.

Cornelis et De Clerck (29) réalisent en 2007 dans leur étude un mouvement distal de l'arcade maxillaire seule chez 17 patients présentant une classe II d'Angle associée à une protrusion ou un encombrement incisif. Ils évaluent alors le déplacement des molaires par superposition numérique des modèles. Un mouvement distal moyen des molaires maxillaires de 3,3 mm ($\pm 1,5$ mm) est observé. Ils en concluent que cette méthode est une thérapeutique efficace pour réaliser le mouvement distal de l'arcade maxillaire dans son intégralité sans avoir à recourir à des extractions de prémolaires.

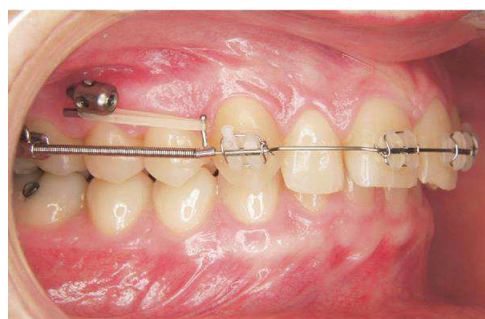


Figure 10 : Distalisation en masse de l'arcade maxillaire (d'après Cornelis et coll 2007)

- Traitement avec extraction de prémolaires :

Certains cas de classe II d'Angle nécessitent l'avulsion de prémolaires lorsqu'une disharmonie dento-maxillaire sévère est associée ou lorsqu'une chirurgie orthognatique est déclinée par le patient. Dans ce cas l'ancrage osseux postérieur est utilisé pour réaliser la rétraction du bloc incisivo-canin maxillaire fermant ainsi les espaces post-extractionnels (figure 10)(31).



Figure 11: Schéma de rétraction du bloc incisivo-canin pour corriger le surplomb (d'après De Clerck et coll 2006)

1.3.3.2 Distalisation des molaires mandibulaires

Sugawara rapporte la correction de malocclusions de classes III avec un inversé d'articulé incisif sans recourir à l'extraction de prémolaires grâce à un mouvement de translation distale des molaires mandibulaires voire de toute l'arcade.(28) Ce mouvement est encore plus complexe à réaliser au niveau mandibulaire qu'au maxillaire.

Différents dispositifs ont été décrits comme le lip-bumper, l'arc lingual ou les forces extra-orales mais ils présentent comme inconvénients principaux la nécessité de coopération du patient et la perte progressive d'ancrage par déplacement réciproque du segment antérieur(15).

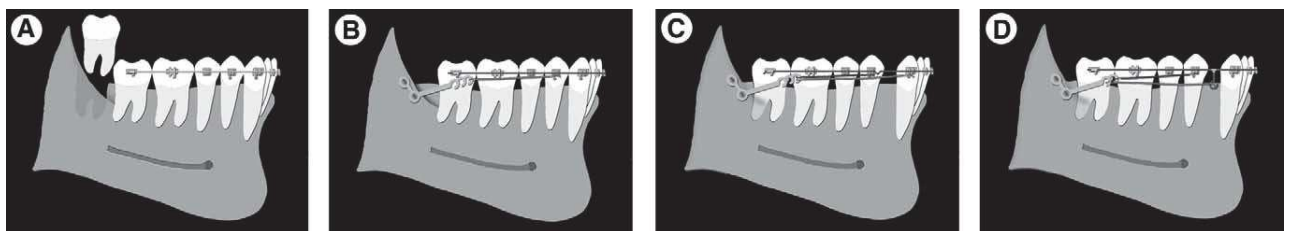


Figure 12 : Séquence de distalisation de l'arcade mandibulaire (source : Sugawara 2004)

Pour ce faire les plaques d'ancrage sont alors placées au niveau de la ligne oblique externe de la mandibule dans sa portion rétro-molaire. L'avulsion de la troisième molaire est là aussi nécessaire afin de ménager un espace postérieur aux secondes molaires (figure 12). Le nivellement de l'arcade est préalablement réalisé.

Ce mouvement peut être réalisé dent par dent ou au niveau du bloc prémolo-molaire en entier. Dans ce dernier cas la force sera appliquée au niveau de la première prémolaire.

Sugawara retrouve une amplitude de mouvement moyenne de 3,5mm sur une série de 15 adultes traités pour une classe III ou une classe II d'Angle avec encombrement incisif traités par distalisation molaire(17).



Figure 13 : Exemple de décompensation pré-chirurgicale par distalisation mandibulaire (source : Bailleau 2012)

Cette méthode peut également être utilisée dans la décompensation pré-chirurgicale des classes II avant chirurgie orthognatique d'avancée(1). Elle permet entre autres, un bon contrôle du nivellement de la courbe de Spee (figure 13).

1.3.3.3 Mésialisation des secteurs postérieurs

Il s'agit d'une indication moins fréquente qui peut être utilisée dans les cas de perte prématurée d'une première molaire ou d'agénésie des deuxième prémolaires mandibulaires afin de réaliser la fermeture des espaces. Selon De Clerck ce mouvement doit être proposé uniquement si une linguo-version des incisives veut être évitée.

On peut également relever l'indication dans les décompensations pré-chirurgicales des classe III d'Angle. Les plaques seront alors positionnées antérieurement au niveau des piliers canins lorsqu'il s'agit du maxillaire et de la région symphysaire ou para-symphysaire pour la mandibule et ce afin de permettre une protraction des secteurs postérieurs (figure 14) (4,32).



Figure 14 : Mésialisation des secteurs postérieurs mandibulaires (source : Bailleau 2012)

1.3.3.4 Redressement d'axes molaires

La version mésiale de la deuxième molaire mandibulaire est une situation clinique fréquente après la perte prématurée de la première molaire. Cela engendre un trouble occlusal et rend la réhabilitation prothétique de cet édentement plus complexe. Le redressement distal des molaires mésioversées par les mécaniques orthodontiques standard nécessite l'intégration d'un nombre important de dents dans l'unité d'ancrage et expose au risque de mouvements parasites de ces dents.

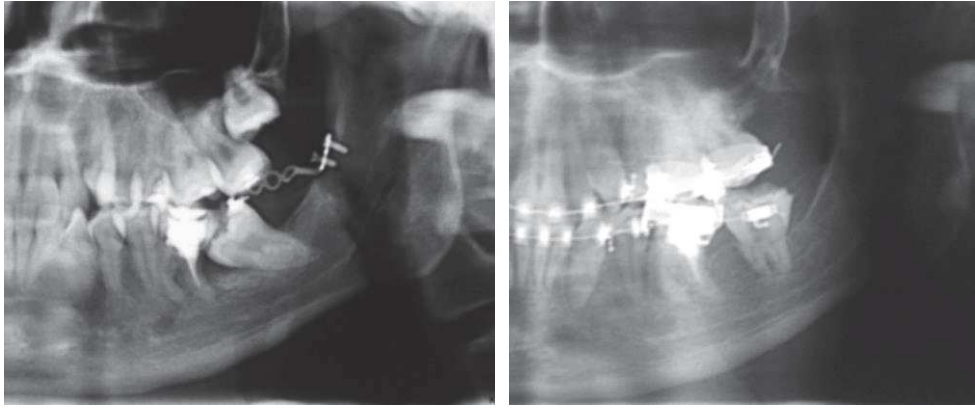


Figure 15 : Radiographie en cours et fin de traitement (source : Enache 2012)

L'utilisation d'un ancrage squelettique sous la forme d'une plaque positionnée distalement par rapport aux dents est une solution fiable pour effectuer ce mouvement.

Enache et plus récemment Peres rapportent dans leur cas clinique l'utilisation d'ancrages afin de redresser l'axe de molaires mandibulaires retenues présentant une mésio-version importante (figure 15). Ils procèdent dans les deux cas à l'avulsion des 3^{ème} molaires incluses afin de permettre un mouvement de version distale(33,34).

De Clerck recommande le positionnement antérieur de l'ancrage associé à un auxiliaire de redressement sous forme d'un ressort permettant d'associer un mouvement d'ingression compensatrice durant le redressement distal. (35)

1.3.4 Mouvements dans le plan Vertical

1.3.4.1 Correction des Béances antérieures par ingression des molaires

Ce mouvement a été démontré pour la première fois par Umemori et Sugawara dans le traitement des béances antérieures chez les patients hyperdivergents par ingression molaire mandibulaire à l'aide d'ancrages osseux insérés le long du corps de la mandibule (figure 16). Sugawara considère ce mouvement aléatoire voire impossible à réaliser sans ancrage osseux(17).

En 2002 Sugawara réalise une étude sur 9 patients présentant une béance antérieure associée à un incompetence labiale chez qui il effectue une ingression des molaires mandibulaires. Il retrouve une amplitude de mouvement moyenne de 1,7mm pour les premières molaires et de 2,7mm pour les deuxièmes molaires.

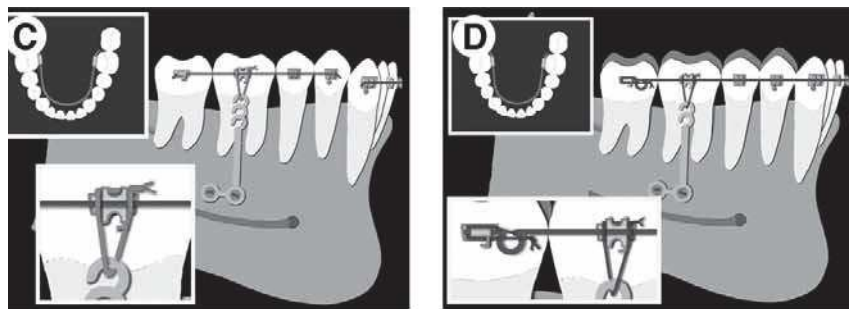


Figure 16 : Ingression molaire mandibulaires (source : Sugawara et coll 2005)

Il s'effectue ainsi une rotation anti-horaire du plan mandibulaire(36). Ce mouvement reproduit l'effet d'une impaction maxillaire postérieure chirurgicale jusqu'alors considérée comme le traitement de référence des béances antérieures (figure 17).

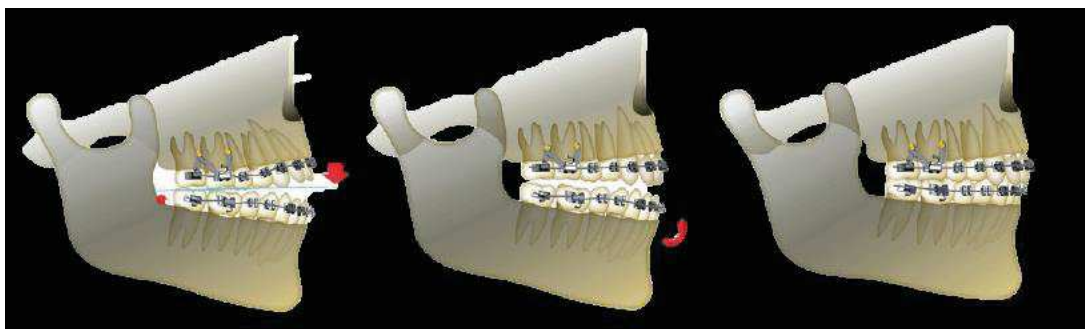


Figure 17: Fermeture d'une béance antérieure par rotation anti-horaire mandibulaire (d'après Barros et coll 2013)

Everdi analyse en 2003 la correction des béances antérieures par ingression molaire maxillaire avec une amplitude de mouvement de 2,6mm. Il utilise pour cela des ressorts en Nickel-titane reliés à la bague de la première molaire maxillaire (figure 18). La fermeture de la béance est réalisée en 5 mois en moyenne. Sherwood a ensuite rapporté l'ingression molaire maxillaire dans le cas d'égressions sévères. Cette utilisation a depuis été documentée par de nombreux auteurs au travers de séries de cas(14,37,38).



Figure 18: ressort d'ingression fixé à la tête de plaque (d'après Everdi et coll 2004)

Ce mouvement d'ingression de molaires maxillaires s'accompagne inévitablement d'une composante de vestibulo-version. En effet un tube vertical est collé sur la face vestibulaire de la première molaire à ingresser afin d'y appliquer la force.

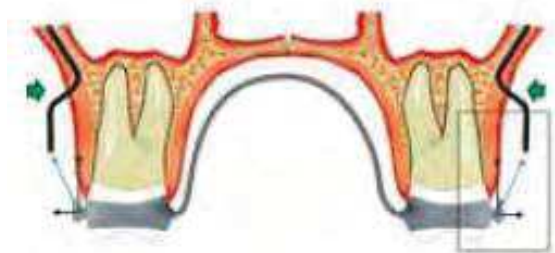


Figure 19 : Schéma des forces d'ingression maxillaire et de contention palatine (source : Faber 2008)

Faber préconise alors l'utilisation d'un arc trans-palatin afin d'annuler cette composante (figure 19) (39).

Ce mouvement d'ingression s'accompagne également d'un risque de résorption radiculaire. Sugawara et coll retrouvent dans leur étude un taux de résorption de 5%(36).

1.3.4.2 Ingression unitaire ou sectorielle

- Ingression unitaire :

Les mouvements d'ingressions peuvent également être indiqués pour la correction d'une égression unitaire, fréquemment retrouvée au niveau maxillaire lorsqu'un édentement antagoniste est présent. Dans ce cas seule la dent concernée est mise en jeux. Afin de limiter le mouvement de vestibulo-version un à deux ancrages palatins sont utilisés sous la forme de minivis (figure 20) .(40)



Figure 20: ingression de la 16 par miniplaque vestibulaire et minivis palatines (source : Bensaid 2017)

- Ingression sectorielle :

L'ingression d'un secteur peut être utilisée pour la levée d'une supracclusion antérieure en présence d'une occlusion de classe I molaire. Dans ce cas les ancrages positionnées au niveau zygomatique seront reliées aux dents à ingresser à l'aide d'auxiliaires de type Cantilever comme proposé par Thébault (figure 21) (41).

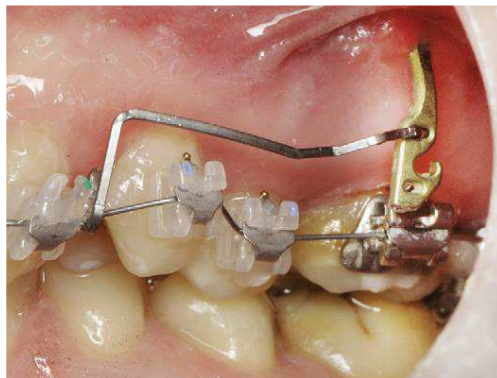


Figure 21 : Ingression antérieure par cantilever (source : Thébault 2011)

Les plaques d'ancrages peuvent également être insérées antérieurement afin de permettre une liaison directe à l'arc orthodontique au niveau du secteur à ingresser (figure 16). Chung décrit l'utilisation de son système C-tube fixé au niveau inter-radicaire afin de réaliser l'ingression des incisives maxillaires dans des cas de supracclusion importante avec asymétrie (42).

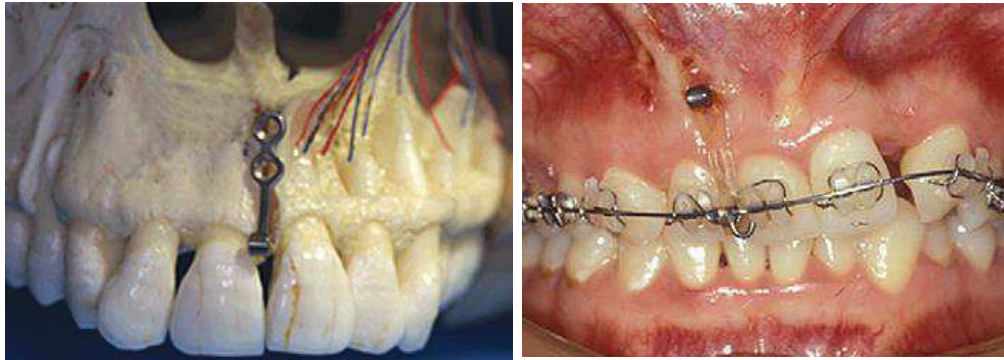


Figure 22 : Positionnement antérieur de l'ancrage pour ingression maxillaire (source : Chung et coll 2011)

1.3.4.3 Correction des asymétries verticales

Farret présente le rapport de cas d'une asymétrie verticale avec inclinaison du plan d'occlusion (43). L'obliquité du plan l'occlusion et la déviation de la médiane incisive maxillaire ont été entraîné par la persistance d'une dent déciduale ankylosée en lieu et place de le dent 35. (figure 23)

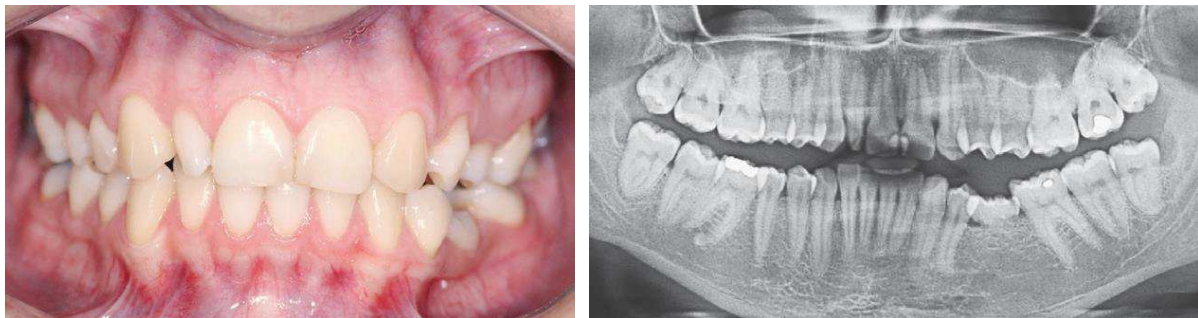


Figure 23: vue clinique et radiographie initiales (source Farret et coll 2016)

La correction est réalisée à l'aide d'une plaque d'ancrage maxillaire gauche permettant dans un premier temps l'ingression du secteur maxillaire postérieur gauche puis l'égression compensatrice du secteur antagoniste (figure 24).

Pour ce faire l'auteur utilise une traction élastique depuis l'ancre maxillaire. Il obtient une horizontalisation du plan d'occlusion ainsi qu'un recentrage des médianes incisives par recul contro-latéral.

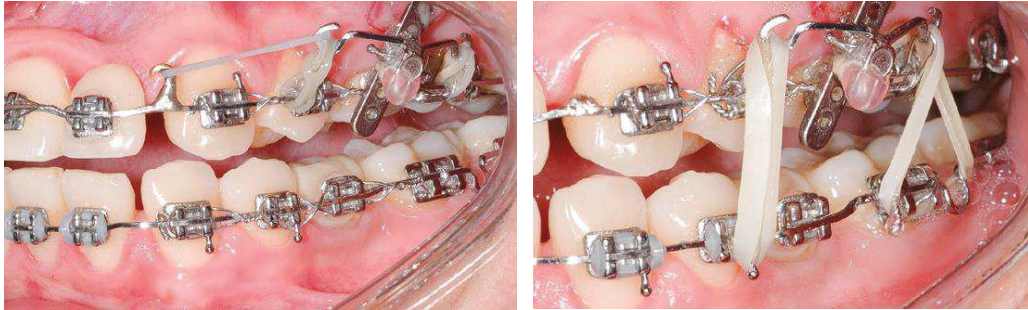


Figure 24: *ingression maxillaire gauche puis égression du secteur antagoniste par traction élastique (source : Farret et coll 2016)*

Cet exemple de thérapeutique par ancrage squelettique représente une alternative efficace au protocole classique incluant une chirurgie orthognatique.

1.3.4.4 Désinclusion dentaire

Le système d'arc cantilever peut également être utilisé pour la désinclusion des canines maxillaires comme proposé par Thébaut(8).

Chung décrit l'usage de traction inter-arcade à l'aide d'un ancrage squelettique. (44)

Miyahira et coll rapportent le traitement d'un retard d'éruption d'une deuxième molaire mandibulaire présentant une inclusion et une mésio-version chez un jeune patient de 12 ans (figure 25). Après avulsion de la troisième molaire et la fixation d'une plaque d'ostéosynthèse standard dont l'extrémité est exposée hors de la muqueuse la couronne de la 47 est exposée et un bouton orthodontique est collé. Ce protocole a pour intérêt l'absence de mouvements parasites lors de la traction de la dent retenue car la stabilité de l'ancrage est obtenue sans nécessité d'ostéo-intégration(45).

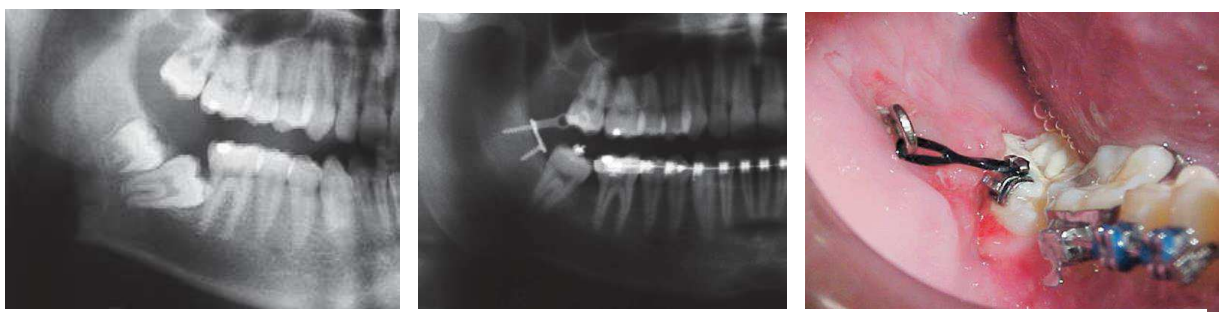


Figure 25 : *Désinclusion de la dent 47 à l'aide d'un ancrage osseux postérieur (source : Miyahira et coll 2008)*

1.3.5 Orthodontie pré-prothétique

Tous les mouvements orthodontiques inter et intra-arcades présentés précédemment peuvent être associés pour aménager l'espace prothétique en vue d'une réhabilitation implantaire. On observe fréquemment la perte de hauteur prothétique par égression compensatrice de l'arcade antagoniste (figure 26). Il a été largement démontré l'efficacité des ancrages squelettiques dans l'ingression molaire et sectorielle. Ces mouvements permettent ainsi la récupération d'une courbe occlusale idéale avant la réhabilitation prothétique.



Figure 26 : Ingression molaire maxillaire pour réhabilitation postérieure mandibulaire (source : Faot et coll 2015)

1.4 Types de plaques existants

La création de mini-plaques à but d'ancrage orthodontique découle directement de l'utilisation des plaques d'ostéosynthèse déjà présentes sur le marché et utilisées en chirurgie maxillo-faciale. Ce sont ces mêmes plaques qui ont servi dans les premières publications à ce sujet(14).

Depuis, la généralisation des ancrages par mini-plaque a entraîné une multiplication et une diversification des modèles commercialisés.

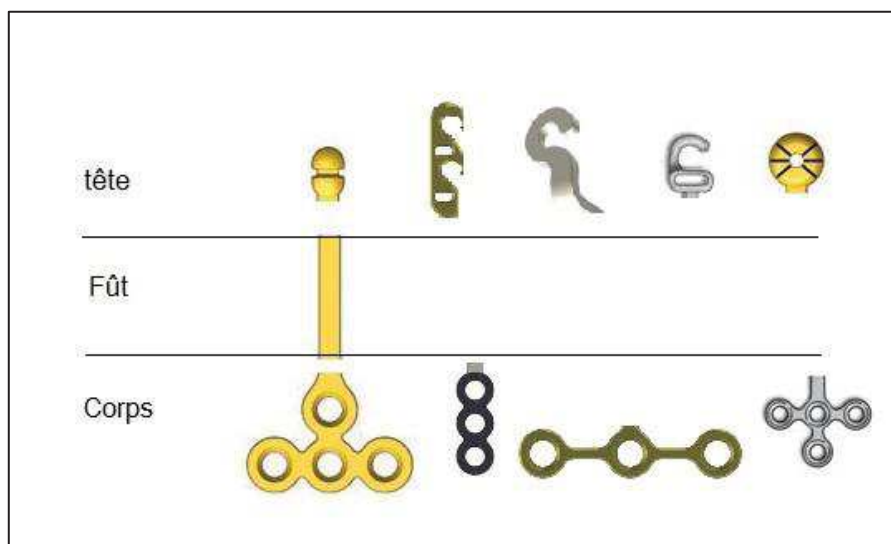


Figure 27 : Conception générale des différents systèmes de plaques d'ancrage (source : auteur)

Tous les systèmes actuels possèdent une conception similaire et varient essentiellement par l'unité dédiée à recevoir un dispositif de traction orthodontique.

On retrouve dans chaque cas (figure 27):

- Un corps comportant des circonvolutions dont le diamètre permet l'insertion de vis de fixation. Cette partie a pour vocation d'assurer un contact intime avec la surface osseuse.
- Un fût de section ronde ou rectangulaire qui assure le passage transmuqueux et dont il existe plusieurs longueurs permettant de l'adapter à chaque situation clinique.
- Une tête qui présente divers moyens de rétention ou d'accroche des auxiliaires de traction comme les fils d'aciers ou élastiques.

Ces plaques sont généralement composées de Titane de grade II et les vis de fixation utilisées sont en titane pur ou de grade V(19).

1.4.1 Le « Skeletal anchorage system » (Dentsply – Sankin orthoanchor)

C'est un des premiers systèmes de plaques d'ancrage orthodontique en titane développé par Sugawara en 2005(17). Il bénéficie d'un recul clinique important.



Figure 28 : Différents modèles de SAS (source : Sugawara et coll 2005)

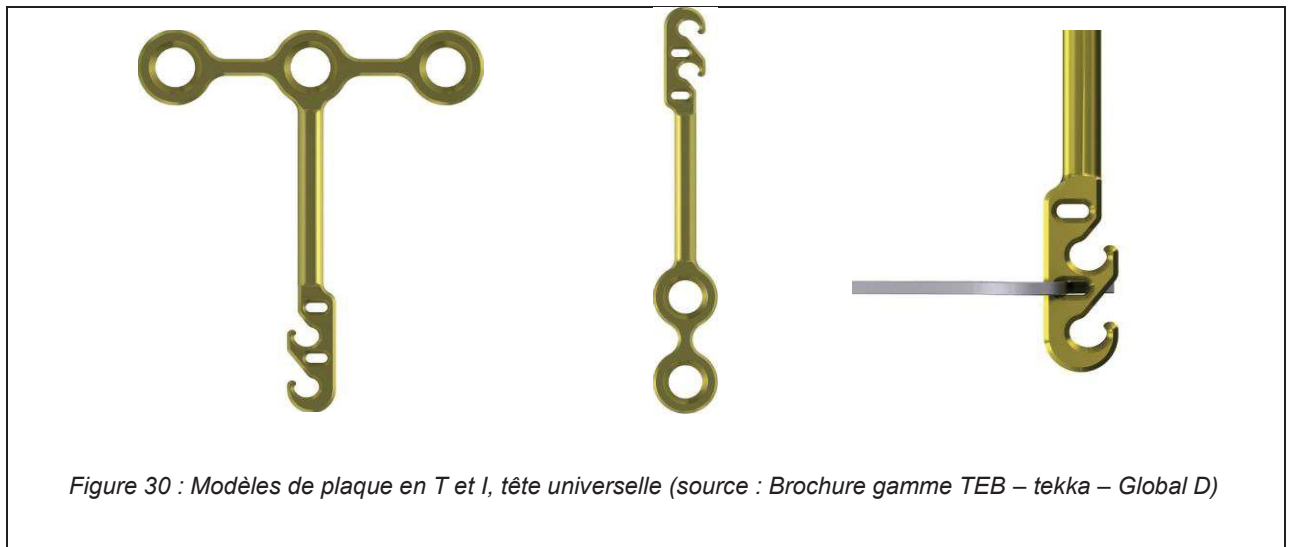
Tête	Trois crochets permettant l'insertion d'élastiques ou de chainettes. Il existe 2 types variants uniquement selon l'orientation des crochets.	
Fût	10,5 -13,5 – 16,5 mm de long, section rectangulaire.	
Corps	2 ou 3 orifices de 2mm de diamètre, formes de I, Y ou T.	

Figure 29: Exposition de la tête après cicatrisation (source : Sugawara et coll 2005)

(17)

- Avantages :
- Système simple dans sa conception et son utilisation
- Recul clinique important
- Inconvénients :
- Non commercialisé en Europe

1.4.2 Le système Ankotek – TEB (TEKKA)



Tête	Deux crochets pour la fixation de dispositifs de traction (ressorts, chainettes élastomériques, élastiques) et deux alésages oblongs pour l'insertion d'arcs auxiliaires de section maximale 0.022 x 0.028. Il est possible de coller un tube orthodontique sur la tête.  Figure 31 : Fixation d'arc sur la tête de plaque (source : Thébaut 2011)
Fût	5, 7, 10 ou 12 mm de long, section rectangulaire.
Corps	2 ou 3 orifices de 2mm de diamètre, formes de I ou T / L.

(41)

- Avantages :
- Système versatile
- Adapté à différents auxiliaires orthodontiques
- Vis de fixation auto-taraudantes et auto-forantes
- Inconvénients :
- Peu de recul clinique à ce jour
- Coût non négligeable de l'implant

1.4.3 Le système Bollard (Surgi-tec/ Tita-link)

Ce système a été développé et utilisé pour la première fois dans des publications par H. De Clerck en 2002. Il est l'un de ceux qui a contribué au développement des traitements par mini-plaques d'ancrages



Figure 32 : Modèle plaque coudée (source : www.tita-link.com)



Figure 33 : Plaques Bollard avec et sans crochet (source : www.hugo-Declerck.com)

Tête	Une unité de fixation de forme cylindrique, comportant un tube fileté et une vis de blocage pour loger un auxiliaire de section maximale 0.032 x 0.032. Une version existe avec crochet destiné à un dispositif de traction. <i>Figure 34 : Exemple de tête de plaque Bollard (source : De Clerck et coll 2006)</i>	
Fût	Section ronde, coudé à 90°.	
Corps	2 ou 3 orifices de 2mm de diamètre, formes de I ou L.	
Longueur totale de la plaque : 16 ou 21mm.		

(46)

- Avantages :
- Recul clinique important
- Permet d'accueillir différents auxiliaires
- Inconvénients :
- Volume de la tête

- Position de la tête non ajustable après fixation du corps (plicature du fût non recommandée)

1.4.4 Le système C-tube (KLS – Martin)

Ce système a été développé avec l'aide du Dr Chung de façon contemporaine aux systèmes précédemment décrits.

Il serait plus adaptatif du fait de ses vis de fixation courtes (4mm) permettant un positionnement interdentaire.



Figure 35 : Modèles de plaque linéaire ou cruciforme (sources : brochure matrix 1.5 KLS - Martin , Chung et coll 2014)

Tête	 Le bras est replié sur lui-même en forme de tube avec un diamètre interne de 0.036-in. Elle peut être accompagnée de crochets. Figure 36 : Tube exposé après suture (source : Chung et coll 2011)
Fût	Plusieurs longueurs, section rectangulaire droite.
Corps	2 à 4 orifices de 1,5mm de diamètre, formes de I ou +.
Longueur minimum de la plaque : 16 mm.	

(42) (47)

- Avantages :
 - Système simple dans sa conception et son utilisation
 - Peu encombrant
 - Peut-être positionné au niveau de la portion dentée (vis courtes)
- Inconvénients :
 - Peu d'option de connexion au niveau de la tête

1.4.5 Le système Orthodontic – bone – anchor (Synthes)

Développé plus récemment il présente un nombre plus important de logement de vis et des dispositifs d'ancrages originaux.

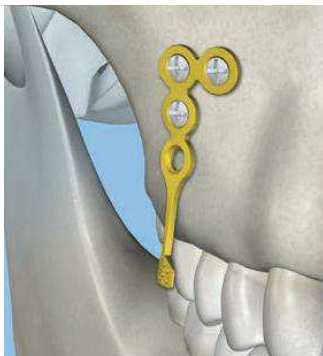


Figure 37 : Différentes conformations de plaques et têtes (source : brochure Synthes OBA 2019)

Tête	Il en existe 3 formes : bracket ou boutonné permettant de recevoir un arc ou différents types de ligatures ; mesh permettant le collage direct d'un bracket.	
		<i>Figure 38 : Plaque en position symphysaire (courtoisie du Dr Grollemund)</i>
Fût	Long, taille unique, section rectangulaire droite.	
Corps	4 ou 5 orifices de 1,5mm de diamètre, formes de T ou L.	
Longueur minimum de la plaque : 21 mm.		

- Avantages :
 - Ancrage solide (peut accueillir de nombreuses vis d'ostéosynthèse)
 - Connectique de la tête diversifiée
- Inconvénients :
 - Peu de recul clinique
 - Longueur de plaque non modulable
 - Encombrement important

D'autres systèmes sont également commercialisés par Stryker, Surgi-Tec, Deltex ou encore Mondeal.

Le choix du système reste très largement sous la dépendance des habitudes de l'opérateur ainsi que des préférences régionales. Son choix pourra se faire également en fonction de l'encombrement lié à la partie extériorisée, du type de connectique de cette dernière ou encore de la rigidité de l'implant.

1.5 Mise en œuvre

La mise en œuvre de ce protocole est bien codifiée, elle fait intervenir plusieurs praticiens et nécessite la réalisation d'un bilan détaillé pour garantir le succès.

1.5.1 Bilan pré-chirurgical

L'initiative de la pose d'un ancrage osseux provient dans la majorité des cas de l'orthodontiste au début de son plan de traitement ou en cours si les objectifs ne sont pas atteints par les moyens mis en œuvre jusque-là.

Elle nécessite alors de référer le patient chez un chirurgien-dentiste ou chirurgien maxillo-facial, ou spécialiste en chirurgie orale(11).

Le choix de l'emplacement résulte de la discussion entre l'orthodontiste et le chirurgien prenant en compte les impératifs biomécaniques du traitement orthodontique et l'accessibilité du site opératoire(48).

L'orthodontiste doit transmettre dans sa prescription les mouvements dentaires programmés, la taille du bras et l'emplacement exact de la tête de plaque. Il peut pour cela se servir des radiographies imprimées(32).

1.5.1.1 L'entretien clinique

C'est l'étape préalable à tout acte chirurgical, il permet au patient et à l'opérateur d'échanger à propos des modalités de l'intervention ainsi que de ses suites. L'anamnèse médicale doit également rechercher d'éventuelles contre-indications à un acte de chirurgie orale.

Celui-ci a pour but d'instaurer une relation de confiance entre le patient et le praticien qui aboutit à la signature d'un consentement éclairé.

1.5.1.2 L'examen clinique

Il peut être documenté en partie au préalable par l'orthodontiste qui réalise des photos exo et endo-buccales préliminaires ainsi que par les modèles d'étude. Lors de cette consultation l'opérateur va porter une attention toute particulière au futur site d'implantation envisagé et évaluer les conditions des tissus mous environnants (hauteur de gencive kératinisée, profondeur du vestibule, présence de frein ou de bride...) ainsi que l'ouverture buccale. Le volume du support osseux sera évalué par la palpation digitale. Le contrôle de l'hygiène orale est un élément important car il constitue un facteur de risque d'échec(32).

1.5.1.3 L'examen radiologique

Tous les auteurs s'accordent sur la réalisation d'un orthopantomogramme préopératoire qui est l'examen de choix pour la visualisation globale des arcades dentaires et des structures environnantes. Il permet également d'écarter toute pathologie osseuse(32) , d'apprécier la position des apex dentaires et les espaces inter-radiculaires. (49) Il ne permet cependant pas l'appréciation du volume des corticales osseuses.

Un scanner n'est toutefois pas indiqué à titre systématique avant la pose d'un ancrage, les zones classiquement utilisées au maxillaire présentant une épaisseur convenable associée à peu de variation inter-individuelle(50).

Seo et coll mettent en avant le cas de pneumatisation importante du sinus maxillaire nécessitant un examen attentif des coupes du CBCT pour assurer la fiabilité de la pose d'un ancrage à ce niveau(47).

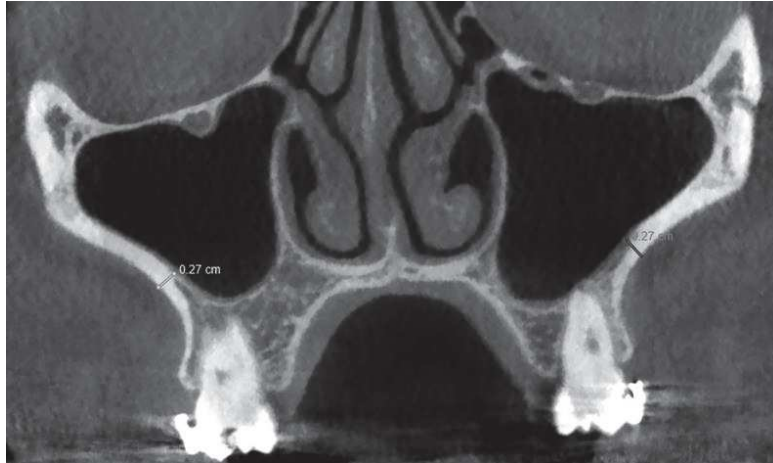


Figure 39 : Coupe frontale de CBCT passant au niveau des crêtes infra-zygomatiques (source : auteur)

Avec l'évolution de la technologie d'imagerie tri-dimensionnelle et la diminution de la dose délivrée la réalisation d'un Cone Beam préopératoire trouve son indication car elle permet une évaluation précise du volume osseux disponible ainsi que la position exacte des apex dentaires au niveau des sites receveurs envisagés (figure 39).(39)(51)

1.5.2 Sites receveurs

Les sites électifs envisageables correspondent à tous les sites où les structures osseuses basales et alvéolaires permettent l'insertion et la stabilité des vis de fixation mono-corticales dont la taille varie de 4 à 7mm en moyenne. Les obstacles anatomiques qui doivent être respectés au niveau maxillaire sont :

- Les apex et les racines dentaires
- Le sinus maxillaire
- Le foramen palatin

- L'orifice piriforme

Le positionnement maxillaire peut être réalisé sans risque au niveau du pilier canin ainsi que le pilier zygomatique (ou crête infra-zygomatique) (figure 41).

Une étude sur 92 CBCT retrouvait en effet une épaisseur moyenne d'au moins 1mm et plus dans le secteur paranasal et infra-zygomatique (figure 40).

On note également une épaisseur comprise entre 1 et 2 mm dans la zone alvéolaire entre la canine et la première molaire maxillaire(44).

L'épaisseur et la densité de la corticale mandibulaire permet une mise en place sur toute la surface du corpus mandibulaire depuis la ligne oblique externe jusqu'à la symphyse en évitant la zone d'émergence du nerf mentonnier (figure 42)(17,32,50).

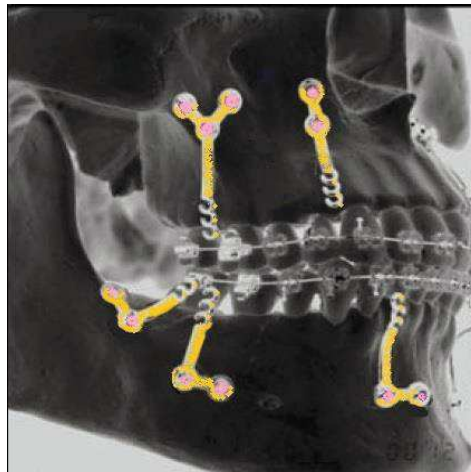


Figure 41 : Sites d'implantation du SAS (recoloré d'après Nagasaka)

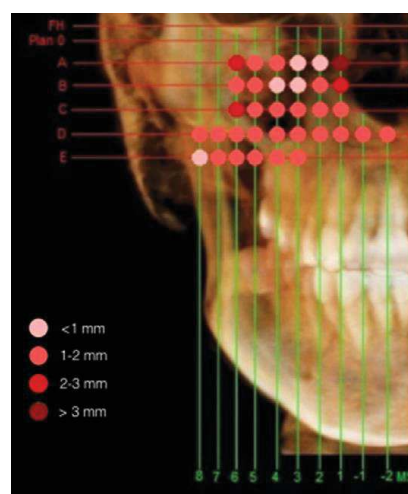


Figure 40 : Cartographie de l'épaisseur moyenne (d'après Rossi et coll)

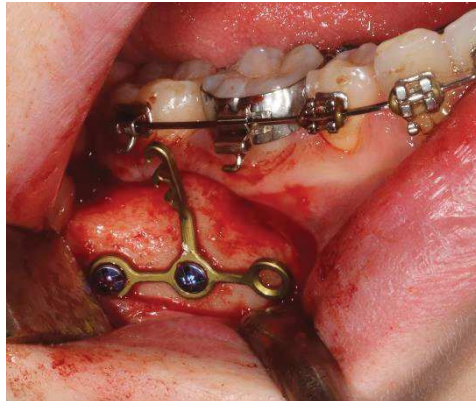


Figure 42 : Exemple de mise en place au niveau mandibulaire postérieur (courtoisie Dr Bahi)

Dans le cas du système C-tube développé par le Dr Chung la longueur limitée des vis de fixation permet selon son auteur un positionnement inter-radicaire accroissant le nombre de localisations possibles. (42)



Figure 43 : Différentes localisations inter-dentaires du c-tube system (d'après Chung et coll 2011)

1.5.3 Protocole opératoire

Ce geste peut être réalisé sous anesthésie locale avec ou sans sédation voir parfois sous anesthésie générale lorsque l'âge du patient ou le nombre de sites l'indique(46).



Figure 44 : Tracé d'incision mandibulaire d'après Mommaerts

Il est précisément décrit par de nombreux auteurs et comprend les étapes suivantes :

- Asepsie des muqueuses à la chlorhexidine ou povidone iodée
- Incision en L au maxillaire ou L inversé à la mandibule dont la partie horizontale se situe au niveau de la ligne muco-gingivale (figure 44).
- Rugination sous périostée afin d'exposer la surface osseuse.
- Essayage de la plaque et pliage de cette dernière pour permettre une adaptation passive à la surface.
- Forage éventuel d'un pré-trou si la densité de la corticale l'exige (recommandé pour le système Bollard) (figure 45).
- Mise en place de la vis centrale si trois vis, ou de la vis la plus coronaire si deux vis puis des vis complémentaires.
- Rinçage abondant par une solution saline.
- Fermeture par points séparés 4.0 (Vicryl ou soie)(18,52).

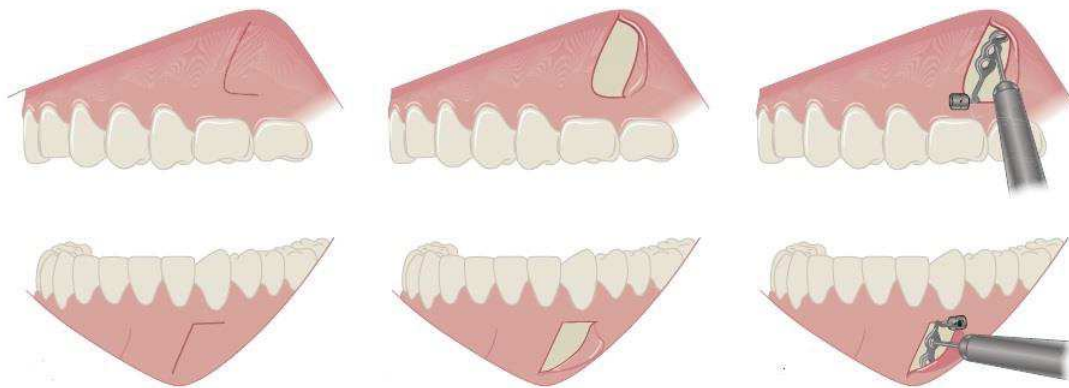


Figure 45 : Procédure chirurgicale selon De Clerck et Cornelis

Chung réalise deux incisions horizontales afin de mettre en place la plaque par tunnelisation au niveau du bras (figure 46). (42)

Hibi a décrit la mise en place supra-périostée selon une technique similaire de tunnelisation ce qui lui permet de ne pas réaliser de sutures. (53)



Figure 46 : Tunnelisation (d'après Chung et coll 2011)

L'avulsion d'une ou plusieurs troisièmes molaires dans le même temps opératoire est décrite par Sugawara et d'autres auteurs notamment dans les cas de distalisation des secteurs postérieurs ou de l'arcade alors que De Clerck déconseille la réalisation d'avulsions dans le même secteur lors de la pose de plaques car l'inflammation résultante peut favoriser un échec.

1.5.4 Position de la tête de plaque

L'émergence du fût doit se situer à la jonction muco-gingivale pour assurer une bonne intégration et un entretien correct (54).

L'opérateur doit veiller à limiter la protrusion de la partie endo-buccale dans les tissus mous afin d'éviter un enfouissement ou une irritation chronique(32).

Enfin la position tridimensionnelle de la tête doit permettre la mise en place de la mécanique orthodontique.

Jones et coll recommandent une radiographie post opératoire de type orthopantomogramme afin d'évaluer la position de la plaque par rapport aux apex dentaires(26).

1.5.5 Consignes post opératoires

De Clerck recommande l'application de glace immédiatement après l'intervention, le patient devra veiller à éviter les contacts répétitifs de la langue ou des doigts avec les dispositifs endo-buccaux.

Cornelis et coll rapportent la prescription d'antibiotiques dans plus de 90% des cas et de corticoïdes dans 70% des cas lors de la pose(23).

Bien qu'aucune recommandation n'ait été publiée à ce sujet l'ensemble des auteurs s'accordent sur la prescription d'une antibiothérapie post opératoire.

La prescription d'une corticothérapie à la posologie d'1mg/kg/24h est justifiée par la présence constante d'un œdème post-opératoire. Elle devra être initiée la veille de l'intervention. (55)

Une médication antalgique est prescrite pour une durée de 5 à 7 jours.

Des rinçages buccaux à l'aide d'une solution de Chlorhexidine sont également prescrits pendant 12 jours.

1.5.6 Mise en charge

Le patient sera référé à l'orthodontiste 2 à 3 semaines après l'intervention pour la mise en charge(46).

Sugawara souligne que la mise en charge peut être théoriquement réalisée immédiatement car l'obtention de l'ostéo-intégration n'est pas nécessaire mais qu'il est préférable de la différer à 3 semaines afin d'obtenir la cicatrisation des tissus et la disparition de l'œdème(17).

A la différence Thebault conseille une mise en charge très précoce avec des forces appliquées faibles pour garantir une stabilité initiale(41).

1.5.7 Dépose

Elle est réalisée selon le même protocole que la pose et nécessite en général un temps opératoire plus court(23). Elle peut être réalisée aisément sous anesthésie locale.

Il est fréquemment rapporté la présence d'os recouvrant le matériel témoignant d'une apposition après implantation(19,54).

1.5.8 Collaboration orthodontico-chirurgicale

L'initiative de la pose d'un dispositif d'ancrage osseux provient dans la grande majorité des cas de l'orthodontiste. Ce dernier peut décider le recours à un ancrage osseux dès l'établissement de son plan de traitement ou en fonction de l'efficacité des mécaniques entreprises. La position de la tête de la plaque va déterminer l'orientation et l'intensité des forces applicables. Elle doit donc répondre aux objectifs attendus de l'ancrage et des spécificités du cas clinique.

Il est donc indispensable que les deux praticiens correspondants collaborent étroitement à l'élaboration du protocole ce qui peut parfois requérir le travail en double équipe lors de la pose du dispositif.

1.6 Limites

Ce système d'ancrage présente certaines limites qui doivent être prises en compte dans son indication.

1.6.1 Contre-indications

Les contre-indications absolues correspondent aux situations où la balance bénéfice-risque est défavorable au vu des antécédents médicaux du patient.

Elles comprennent(32) :

- Antécédent de traitement par bisphosphates actuel ou passé
- Cardiopathies à haut risque d'endocardite
- Antécédent de radiothérapie cervico-faciale
- Allergie connue au titane

Les contre-indications relatives correspondent aux facteurs de risque d'échec qui doivent être maîtrisés avant d'envisager ce traitement :

- Hygiène orale déficiente ; il s'agit d'un facteur favorisant les échecs par l'inflammation muqueuse persistante qu'il entretient(19)
- Pathologie infectieuse locale
- Non compliance
- Para-fonctions non rééduquées(32)
- L'âge : la pose ne doit pas être envisagée avant 11 ans du fait de la présence de germes des canines et de la faible épaisseur corticale chez l'enfant(24)

1.6.2 Complications

- La perforation radiculaire est rarement évaluée car nécessite un examen 3D post opératoire(56)
- Les infections tissulaires sont plus fréquemment observées et résultent généralement d'une hygiène orale insuffisante, dans les cas les plus sévère montrant une abcédation. Un traitement antibiotique est alors nécessaire.
- Le recouvrement ou la déhiscence muqueuse : l'intégration de la plaque doit permettre l'exposition de la tête et d'une partie du fût. Dans certains cas un recouvrement partiel ou total peut être observé. A l'inverse une récession muqueuse avec exposition des vis de fixation peut entraîner une inflammation chronique liée à la difficulté d'entretiens.
- Il peut survenir une mobilité de la plaque si le contact avec la surface osseuse n'est pas suffisamment assuré par les vis ou si l'une d'elles subit un dévissage. Il en résulte une mobilité plus ou moins importante selon le nombre de vis.
- La fracture de la tête de la plaque peut être observée limitant voir annihilant les possibilités de mise en place d'un appareillage orthodontique(19,32).

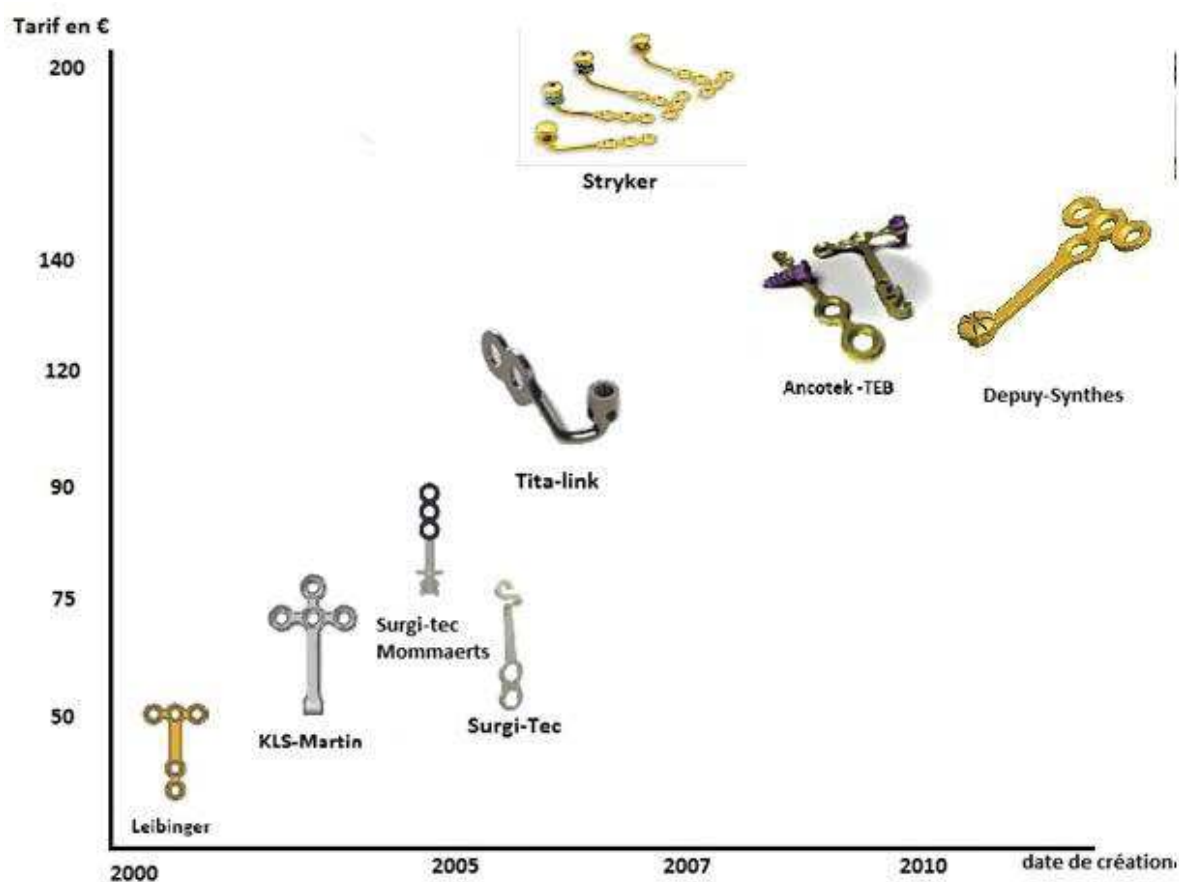
1.6.3 Coût

Le recours à la pose d'un implant à visée d'ancrage orthodontique comme les mini-plaques implique nécessairement un surcoût qui dépend du fournisseur.

Il existe actuellement une grande diversité de modèles et de fournisseurs sur le marché avec des écarts plus ou moins important de tarifs.

La figure 47 présente la répartition des modèles en fonction de leur date de création et du tarif en vigueur.

Figure 47: Dates de mise sur le marché et tarifs par fournisseurs (source : auteur)



2 : Revue de la littérature

L'objectif principal de cette revue de la littérature est de rassembler les données actuelles concernant les ancrages squelettiques par miniplaques de tous types afin d'évaluer leur taux de survie global au regard des 15 années d'utilisation depuis leur introduction.

Les objectifs secondaires visent à mettre en lumière les différentes complications rapportées au cours du suivi post opératoire et les éventuels facteurs de risques associés.

En effet la littérature commence à être de plus en plus fournie en cas cliniques ou en études de cohorte s'intéressant au succès des traitements orthodontiques conduits à l'aide de plaques d'ancrages mais peu de publications évaluent le taux de survie et de complications associées selon une méthodologie rigoureuse.

Concernant les ancrages par minivis la littérature est foisonnante et de nombreux auteurs se sont intéressés aux taux d'échec et aux facteurs de risques anatomiques et chirurgicaux car ces dernières bénéficient d'un recul clinique plus important.

C'est pour cette raison que cette revue s'est concentrée sur les études portant exclusivement sur les mini-plaques d'ancrages et leur taux d'échec.

2.1 Matériel et méthode

2.1.1 Sélection des articles

Les articles ont été sélectionnés après recherche par mot clés sur les bases de données en ligne Pubmed (Medline), Semantic Scholar et EM premium.

Les mots clés utilisés étaient : *ancrage orthodontique, miniplaques, ancrage mini-plates, temporary anchorage device, skeletal anchorage, orthodontic mini-plate, succes rate, failure rate*.

Les sources utilisées dans la rubrique bibliographie des articles sélectionnés et qui correspondaient aux critères de recherche ont également été cherchés manuellement via Pubmed.

Seules les études portant sur des cohortes de patients incluant des mini-plaques et calculant le taux d'échec à l'issue de la période de suivi ainsi que les différentes

complications rencontrées ont été retenues après lecture du résumé. Les études qui intègrent tous les types de dispositifs (minivis, microvis, miniplaques) et dont les conclusions spécifiques aux mini-plaques étaient présentées ont également été retenues malgré le biais de confusion qui peut exister.

Les rapports de cas unitaires ou les séries de cas cliniques ($n < 10$ patients) ont été exclus car l'analyse du taux d'échec n'était statistiquement pas pertinente.

2.1.2 Critères analysés

Pour chaque article sélectionné, lorsqu'elles étaient mentionnées, les informations suivantes ont été relevées :

- Le type d'étude ; rétrospective, prospective, essai clinique
- Le nombre de patients inclus
- L'intervalle d'âge de l'échantillon
- L'âge moyen
- La ou les indications orthodontiques principales
- La durée moyenne du suivi

Concernant les plaques :

- Le nombre de plaques posées
- Le type de plaque
- Le nombre vis et les longueurs utilisées
- Les sites d'implantation
- Le nombre d'opérateurs et leur qualification
- Le type d'anesthésie utilisée

Concernant les résultats :

- La définition du succès
- Le taux de succès
- Le nombre plaques déposées/perdus
- Les complications rapportées
- Les facteurs de risques expliquant les résultats selon les auteurs

Le succès pouvant s'exprimer comme le fait qu'une plaque soit maintenue en fonction tout au long du suivi ou comme le fait qu'une plaque ait été fonctionnelle et exempte de toute complication pendant la durée du suivi.

Pour marquer cette nuance il est possible de l'exprimer sous forme du taux de survie comparé au taux de succès.

La définition du succès et de la survie étant rarement clairement énoncé dans les publications sélectionnées le nombre de plaques perdues rapportées au nombre de plaques posées constitue le calcul retenu pour le taux de survie global.

Les différentes complications quand elles sont rapportées et chiffrées permettent le calcul du taux de succès global.

2.2 Résultats

A l'issue des recherches et de la lecture des articles sélectionnés, 17 publications ont été jugées pertinentes et intégrées dans l'analyse.

Il s'agissait pour la majorité d'étude des cohortes rétrospectives s'échelonnant entre 2005 et 2018. La taille de la cohorte varie en fonction des auteurs et des pays, en effet la démographie des populations traitées dans les différents centres n'étant pas égales. Le recrutement et la constitution de cohortes étant également fortement influencé par l'intégration des ancrages par mini-plaques dans les pratiques orthodontiques.

On note tout de même une progression de la taille des cohortes au fur à mesure du temps.

Le suivi moyen correspond au temps nécessaire pour réaliser les mouvements dentaires grâce aux ancrages osseux, ces derniers étant déposés dès la fin de leur utilisation comme recommandé.

Concernant les indications orthodontiques, elles n'étaient pas toujours clairement énoncées ; on retrouvait les indications classiques de traitements par ancrage osseux à savoir les corrections des décalages sagittaux de classe II et III par recul en masse ou traction inter-maxillaire, les mouvements de distalisation ou intrusion molaire ou les fermetures d'espace d'extraction.

Tableau 1 : Données démographiques

auteur	année	n patients	Âge moyen (ans)	suivi moyen (mois)
Mommearts &coll	2005	18	21	24
Choi et coll	2005	17	21,2	> 6
Chen CH et coll	2007	24	18-35	15
Chen YJ et coll	2007	NR	22,5	NR
Kuroda et coll	2007	22	22	NR
Cornelis et coll	2008	97	24	18
Naphausen et coll	2009	84	NR	24
Hibi et coll	2010	32	21	16
Eroglu et coll	2010	37	16	NR
Takaki et coll	2010	NR	27	NR
De Clerck et coll	2011	25	12	24
Lee et coll	2013	217	NR	13
Mommaerts &coll	2014	61	20	NR
Findik et coll	2017	155	8-14	NR
Lam et coll	2018	163	30	NR
Thean et coll	2018	64	19	24
Culuk et coll	2018	29	12	NR
NR : donnée non renseignée				

2.2.1 Délai de mise en charge

La mise en charge bien qu'elle puisse être réalisée immédiatement du fait de l'absence d'ostéo-intégration était réalisée de façon différée dans 9 publications. Elle était réalisée en moyenne entre 15 et 30 jours post opératoires et jusqu'à 3 mois dans certains cas.

2.2.2 Conditions de mise en œuvre

Le tableau 2 présente le type de système utilisé par les auteurs et lorsqu'elles étaient disponibles les données concernant les conditions de pose ; opérateur(s), localisation, type d'anesthésie.

La diversité des systèmes mis sur le marché se retrouve dans les publications avec quelques préférences régionales. Les systèmes Bollard® et SAS® sont les plus répandus avec respectivement 5 et 3 études répertoriées ainsi que le système OBA® avec 3 publications dont 2 écrites par le praticien l'ayant développé. On retrouve également dans les études les plus anciennes l'utilisation de plaques d'ostéosynthèse modifiées dont l'usage a été détourné afin de permettre l'application de force orthodontique.

L'ensemble de ces systèmes utilise des vis mono-corticales d'une longueur comprise entre 4 et 7mm.

Tableau 2 : Systèmes utilisés et conditions de mise en œuvre

Auteur	Type de plaques	Localisation	Opérateur	Anesthésie
Mommearts et coll	OBA (Surgi-tech)	Z + M	NR	Locale
Choi et coll	Martin en L	Z + M	1 CO	NR
Chen CH et coll	Ostéosynthèse en L	Z + M	CO / CMF	Locale
Chen YJ et coll	Mondeal / Leidinger	Z	4 CO	Locale
Kuroda et coll	SAS®	NR	1 CO	Locale
Cornelis et coll	Bollard	Z + M	NR	AL ou AG si >2
Naphausen et coll	Bollard	Z	1 CD	Locale
Hibi et coll	Synthes en L	Z	NR	Locale
Eroglu et coll	Bollard	Z	NR	NR
Takaki et coll	SAS® en T et Y	Z + M	NR	Locale
De Clerck et coll	Bollard	Z + M	1 CMF	Générale
Lee et coll	C-tube	Z + M	3 ODF	Locale
Mommaerts et coll	OBA (Surgi-tech)	Z + M	1 CMF	NR
Findik et coll	OBA(Surgi-tech), Bollard	Z + M	1 CMF	Locale
Lam et coll	SAS® en Y,T,I	Z + M	1 CO	Générale
Thean et coll	Stryker	Z + M	CMF	Générale
Culuk et coll	Trimed	M	2 CMF	Locale

Z : cintre zygomatique / M : mandibule / CO : chirurgien oral / CMF : chirurgien maxillo-facial
CD : chirurgien-dentiste / ODF : orthodontiste

2.2.3 Sites d'insertion

Dans un souci de clarté, la localisation maxillaire de la plaque a été symbolisée par la lettre Z correspondant à la localisation sur la crête infra-zygomatique du maxillaire ; ce site représentant le principal emplacement utilisé pour l'installation des plaques d'ancrage.

Seules 4 études ne rapportaient pas d'implantation mandibulaire des plaques.

Les sites d'implantations à la mandibule sont plus nombreux et dépendent de mouvements souhaités. L'étude de Culuk(57) s'intéresse spécifiquement à des plaques parasymphysaires tandis que celle de Hibi et coll(53) n'utilise que des ancrages maxillaires postérieures (sur les piliers zygomatiques).

2.2.4 Opérateur et type d'anesthésie

La pose était réalisée sous anesthésie générale de façon systématique dans 3 études et sous anesthésie générale uniquement lors de la pose de plus de 2 ancrages dans l'étude de Cornelis et coll(23). Le geste était réalisé sous anesthésie locale avec éventuelle sédation dans le reste des cohortes par un unique opérateur dans 7 publications.

Cet opérateur était un spécialiste en chirurgie orale ou maxillo-faciale dans la majorité des cas (10/13 - 5 données non renseignées) et un chirurgien-dentiste non spécialiste pour l'étude de *Naphausen et coll*(58) ou encore des orthodontistes dans celle de *Lee et coll*(59).

2.2.5 Définition de l'échec et du succès

La notion de succès qui peut être considérée comme le fait qu'une plaque soit maintenue en fonction et exempte d'évènement indésirable sert de critère de jugement principal pour l'analyse statistique des données.

Le succès peut également être considéré comme l'inverse de l'échec lorsque c'est ce dernier qui est défini par l'auteur.

Dans 4 publications aucune définition n'était mentionnée.

Pour Chen CH le succès est défini par la résistance mécanique aux forces orthodontiques et l'absence de signes inflammatoires persistants.(60)

Kuroda établi juste le succès comme l'utilisation pendant 1 an par un orthodontiste.(61)
Hibi défini le succès par la stabilité de la plaque associée à l'absence d'infection ou de douleur. Mommaert parle de succès lorsque l'ancre reste fonctionnelle jusqu'à la fin du traitement sans persistance d'une mobilité sévère ou infection(52).

Eroglu précise dans son étude que la mobilité doit être inférieure à 3mm pour constituer un succès(62).

L'échec quant à lui intervient lorsqu'une plaque présente une complication la rendant inutilisable par l'orthodontiste ou une perte pour Lam(63).

Chen YJ (21) tout comme Takaki (64) définissent quant à eux l'échec comme la perte de la plaque ou une infection ou modification pathologique des tissus mous.

2.2.6 Taux de survie et taux de succès

Lee et coll différencient le taux de survie défini comme le nombre de plaques restées fonctionnelles par rapport au nombre de plaques totales et le taux de succès qui correspond au nombre de plaques restées fonctionnelles et n'ayant présenté aucune complication par rapport au nombre de plaques total (59).

$$\text{Taux de survie : } \frac{(N \text{ total} - n \text{ plaques perdues})}{N \text{ total}} \times 100$$

$$\text{Taux de succès : } \frac{(N \text{ total} - n \text{ plaques avec complications})}{N \text{ total}} \times 100$$

En appliquant ces formules le taux de survie et le taux de succès ont été calculés pour chaque publication et présentés dans le [tableau 3](#).

En faisant le moyenne des différents taux survies rapportés ou calculés on trouve un taux de survie global de 94,8%, ce qui équivaut à 143 plaques perdues sur un total de 2792.

Tableau 3 : Données brutes, taux de survie rapporté et taux d'échec calculé

	N plaques	n perdues	Echec complications	+ Taux survie (%)	de Taux succès (%)
<i>Mommearts et coll 2005</i>	35	4	16	91,4	54,3
<i>Choi et coll 2005</i>	68	5	7	97	89,7
<i>Chen CH et coll 2007</i>	44	2	NR	95	-
<i>Chen YJ et coll 2007</i>	86	1	NR	98,8	-
<i>Kuroda et coll 2007</i>	38	5	NR	87	-
<i>Cornelis et coll 2008</i>	200	15	NR	92,5	-
<i>Naphausen et coll 2009</i>	158	15	37	90,5	76,6
<i>Hibi et coll 2010</i>	61	4	NR	93,4	-
<i>Eroglu et coll 2010</i>	74	1	11	98,6	85,1
<i>Takaki et coll 2010</i>	444	27	NR	94	-
<i>De Clerck et coll 2011</i>	100	3	9	97	91
<i>Lee et coll 2013</i>	341	14	32	95,9	90,6
<i>Mommaerts et coll 2014</i>	106	7	22	93,4	79,2
<i>Findik et coll 2017</i>	382	12	23	96,8	93,9
<i>Lam et coll 2018</i>	421	6	73	98,6	82,6
<i>Thean et coll 2018</i>	176	15	NR	91,5	
<i>Culuk et coll 2018</i>	58	7	20	87,9	66

Au total 7 publications ne rapportaient pas le nombre exact de complications rencontrées et dans certains cas n'en faisaient même pas mention.

Pour les autres les complications décrites ont été prises en compte dans le calcul des taux de succès qui sont présentés dans le [tableau 3](#).

On constate par exemple que pour l'étude de Mommearts et coll de 2005 (52) le taux de succès est beaucoup plus faible au vu du nombre de complications rapportées, passant de 91,4% à 54,3%. Cette variation semble être atténuée par la taille de

l'échantillon comme dans l'étude de Findik et coll (65) où l'échantillon est de 10 fois supérieur à celui de Mommearts et coll 2005 et où on retrouve une différence de 3 points entre le taux de succès et de survie.

Une proportion importante de complications est toutefois observée dans l'étude de Lam et coll comportant le plus gros échantillon et dont le nombre des complications est disponible (63).

Il existe globalement une différence moyenne entre les taux de survie et de succès de 13,8% dans les 10 études répertoriées (figure 48).

On relève parmi les complications fréquemment rapportées les infections péri-implantaires avec abcédation, l'inflammation chronique des tissus mous périphériques ou encore un hyper-bourgeonnement muqueux recouvrant la plaque ou une récession muqueuse avec exposition partielle de la plaque. Ces phénomènes n'étant pris en compte par les auteurs dans le calcul du taux de survie que lorsqu'ils entraînent la dépose prématurée ou la perte de la plaque concernée.

On rencontre également les mobilités liées au dévissage d'une des vis de fixation, ces dernières faisant l'objet de dépose dans les cas sévères.

Dans certains cas la position des plaques n'était pas en adéquation avec le mouvement orthodontique souhaité.

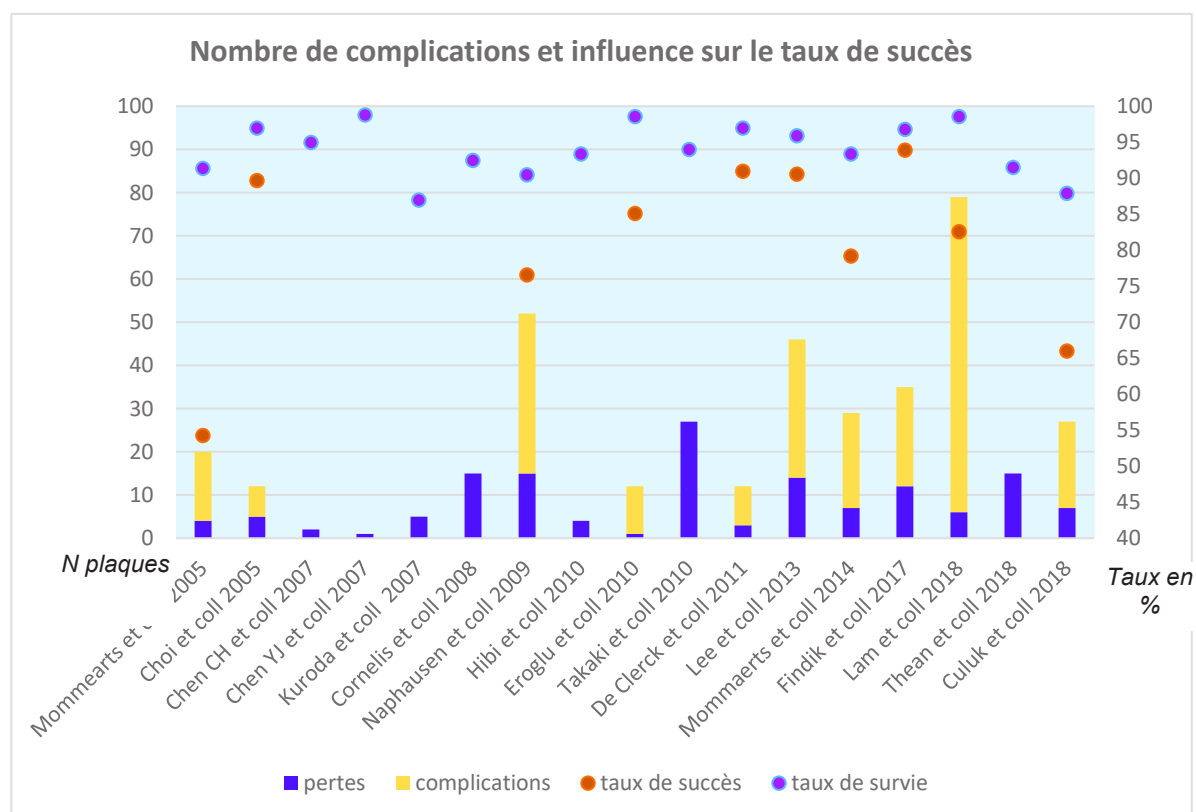


Figure 48 : Comparaison des taux de succès et de survie pour chaque étude (source : auteur)

2.3 Discussion

On constate à l'issue de l'analyse des articles sélectionnés qu'il existe une grande hétérogénéité dans la méthodologie employée par chaque auteur tant dans la pratique clinique que dans la rédaction et la présentation des résultats.

Concernant la procédure utilisée il existe un biais de confusion dans la qualification de l'opérateur lié à la langue originale de l'article et à la démographie médicale du pays de l'auteur. En effet la majorité de la littérature étant écrite en anglais le qualificatif « oral and maxillo-facial surgeon » est classiquement employé sans que l'on puisse discerner s'il s'agit d'un chirurgien maxillo-facial ou d'un stomatologue ; cette distinction étant spécifique à la France. Dans la publication de Lee et coll ce sont 3 orthodontistes qui ont réalisé la pose des ancrages. Une publication était écrite en néerlandais et on pouvait y lire que la pose était réalisée par un chirurgien-dentiste.

Le type de plaque utilisé varie également en fonction des auteurs bien que le principe et la forme globale soient assez proches. Chaque auteur ayant une préférence pour un fabricant avec des spécificités locales pour les plaques développées par l'auteur lui-même par exemple. On peut citer le système Bollard© développé par H. De Clerck et utilisé par sa collaboratrice M.Cornelis (23), les ancrés OBA© de Mommaerts (52) ou encore le SAS© développé par Sugawara et que l'on retrouve fréquemment dans les publications japonaises ou sud-coréenne(47).

Dans sa revue de littérature Cornelis rapporte que le succès est généralement considéré par les auteurs comme l'achèvement du traitement orthodontique à l'aide de la plaque initialement posée même si une mobilité modérée apparaît. Les échecs peuvent alors être une fracture de la plaque, une mobilité sévère, une lésion des tissus mous ou un mauvais positionnement impliquant une dépose du matériel. (19)

2.3.1 Complications

La synthèse des complications est rendue difficile par la diversité dans les descriptions faites par les auteurs.

2.3.1.1 La perforation radiculaire

Ce phénomène n'a pas été étudié précisément dans les études inclus car cela implique généralement la réalisation de CBCT post opératoire à titre systématique ce qui est difficilement justifiable et nécessite un consentement du patient au préalable.

Seul Hibi réalise un CBCT post-opératoire chez 16 patients mais ne mentionne pas l'existence de contact entre les vis et les racines dentaires. (53)

Kim et coll retrouvent quant à eux dans leur étude sur CBCT post opératoire 7 perforations radiculaires sur les 74 vis corticales utilisées de longueur 4mm (56). On peut donc se poser la question de l'incidence de ce type de cette complication dans les cohortes précédentes.

2.3.1.2 La mobilité des plaques

Elle n'est pas toujours considérée comme un échec mais est parfois associée à une perte de contact avec le support osseux. Elle est fréquemment associée à une inflammation consécutive des tissus mous. Naphausen et coll rapportent l'apparition de mobilité des plaques mais un maintien malgré tout de la fonction d'ancrage orthodontique et dans les cas les plus sévère une reprise de la fixation a été réalisée (58). Dans l'étude de Culuk et coll sur les 6 plaques ayant montré une mobilité seule 1 a pu être maintenue jusqu'à la complétion du traitement (57). Choi et coll ont évalués une mobilité supérieure à 1mm sur 3 plaques sans qu'elles ne soient considérées comme des échecs (16).

2.3.1.3 Les bourgeonnements muqueux et déhiscence

Ils sont observés de façon homogène par une grande partie des auteurs mais restent peu fréquents. Mommaerts et coll rapportent des cas de récessions muqueuses avec exposition de la vis de fixation supérieure sans pour autant impacter la survie du matériel.(54)

2.3.2 Influence de la localisation

Cornelis retrouve un taux de succès inférieur à la mandibule par rapport au maxillaire. Elle l'explique par une faible hauteur de gencive kératinisée à la mandibule

et un os plus dense s'adaptant moins aux forces orthodontiques transmises par la plaque (23).

Choi et coll retrouvent 5 cas d'échec tous localisés à la mandibule. Findik et coll observent plus d'infections des tissus mous sur les plaques mandibulaires que maxillaires mais moins de plaques mobiles (65).

2.3.3 Influence du nombre de vis

Selon les systèmes et les types de plaques un nombre défini de vis de fixation peuvent être mises en place. Selon Cornelis la stabilité primaire jouerait également un rôle fondamental dans le succès à long terme de la plaque. Ainsi la mise en place correcte des vis mono-corticales sans déviation et leur nombre influencerait la stabilité à long terme et donc la survie (19).

Lee et coll (59), Choi et coll (16) ainsi que Thean et coll (48) ne retrouvent pas d'influence statistiquement significative du nombre vis sur le taux de survie de ses plaques.

Findik souligne enfin l'importance d'un contact intime entre le corps de la plaque et la surface osseuse pour assurer la pérennité de l'ancre (65).

2.3.4 Hygiène orale et conditions locales

L'inflammation des tissus péri-implantaires est fréquemment retrouvée associée à des échecs. Les patients présentant une hygiène orale médiocre ont été identifiés comme un facteur de risque par plusieurs auteurs.(21,59,64)

Dans de nombreux cas les phénomènes infectieux locaux sans abcédation sont traités par des antiseptiques locaux associés à des techniques d'hygiène adaptées.

2.3.5 Expérience de l'opérateur

Certains auteurs incriminent également l'expérience de l'opérateur dans l'augmentation du taux de survie (58). Lee et coll retrouvent une incidence statistiquement significative sur le taux de complications en fonction de l'expérience de l'opérateur(59). Selon cette logique le nombre de complications diminuerait avec le nombre de patient traités.

Il semble logique cependant que le succès de la mise en place de dispositifs d'ancrages osseux temporaire à visée orthodontique soit opérateur-dépendant. Elle est soumise à la connaissance des différents facteurs de risques par l'opérateur. Il existe donc une courbe d'apprentissage comme pour chaque procédure chirurgicale.

Lee souligne l'intérêt de la planification virtuelle afin de sécuriser le positionnement des ancrages et la communication entre orthodontiste et opérateur. Cette planification s'appuie sur la modélisation informatique du matériel et son positionnement virtuel sur le volume osseux du patient issue de l'imagerie tri-dimensionnelle.

Le taux d'échec global sur ces 17 études est de 5,2% (143 / 2792) ce qui est légèrement inférieur au taux d'échec spécifique des mini-plaques retrouvé dans la méta-analyse de Schatzle et coll de 2009 menée sur 27 études de tous type regroupant minivis, onplants, implants palatins et miniplaques. (66)

Cette précédente revue incluait presque exclusivement des études portant sur les mini-plaques seules parues en 2018 pour la plus récente. On peut donc penser que le taux d'échec a diminué avec le temps et le nombre d'études spécifiques. La figure 1 ne montre pourtant pas d'évolution marquée du taux de survie après 2009. On note cependant une augmentation globale de la taille des cohortes.

3 : Etude rétrospective d'une série de cas posés au CHU de Strasbourg

Une récente enquête auprès des praticiens orthodontistes du Bas-Rhin menée en 2017 rapporte que seulement 25% des répondants, soit 7 praticiens, utilisaient les ancrages par mini-plaques. Parmi les remarques formulées par ces derniers il est évoqué la nécessité de former des praticiens en chirurgie orale à la réalisation de cet acte sous anesthésie locale (40). Ceci peut expliquer en partie le manque de recul clinique sur ce type de protocole.

L'évaluation de la réussite d'un traitement par ancrage squelettique doit inclure les complications rencontrées dans le calcul de son taux d'échec et ce pour le ou les systèmes utilisés afin d'en définir l'efficacité et la fiabilité.

Nous avons vu précédemment que la littérature présente une grande diversité d'études de cohortes tant en termes de système d'ancrage utilisé, de conditions de mise en œuvre ou de critères d'évaluation.

Dans la précédente revue de la littérature aucune cohorte utilisant le système TEB-TEKKA de la marque Ancotek n'a été retrouvée.

Cette étude rétrospective a pour but de recenser les patients traités par mini-plaques aux services de chirurgie orale et de chirurgie maxillo-faciale des hôpitaux universitaires de Strasbourg et d'évaluer les taux de survie et de complications associés.

3.1 Matériel et méthode

Les patients ayant bénéficié de la pose de mini-plaques d'ancrage dans le cadre d'un traitement orthodontique ont été répertoriés par recherche directe dans le planning opératoire ou par recherche systématique de la cotation CCAM de l'acte chirurgical correspondant. Les orthodontistes libéraux correspondants réguliers ou vacataires dans les services concernés ont également été contactés afin d'optimiser la recherche.

3.1.1 Recueil de données

Les dossiers informatiques des patients sélectionnés ont été consultés au sein des services et des cabinets libéraux incluant les observations cliniques, les examens radiologiques et les comptes-rendus opératoires.

Dans certains cas les informations manquantes ont été recueillies par entretien avec le praticien en charge du patient.

3.1.1.1 Données collectées de façon systématique

Pour chaque patient les données suivantes ont été extraites de façon systématique :

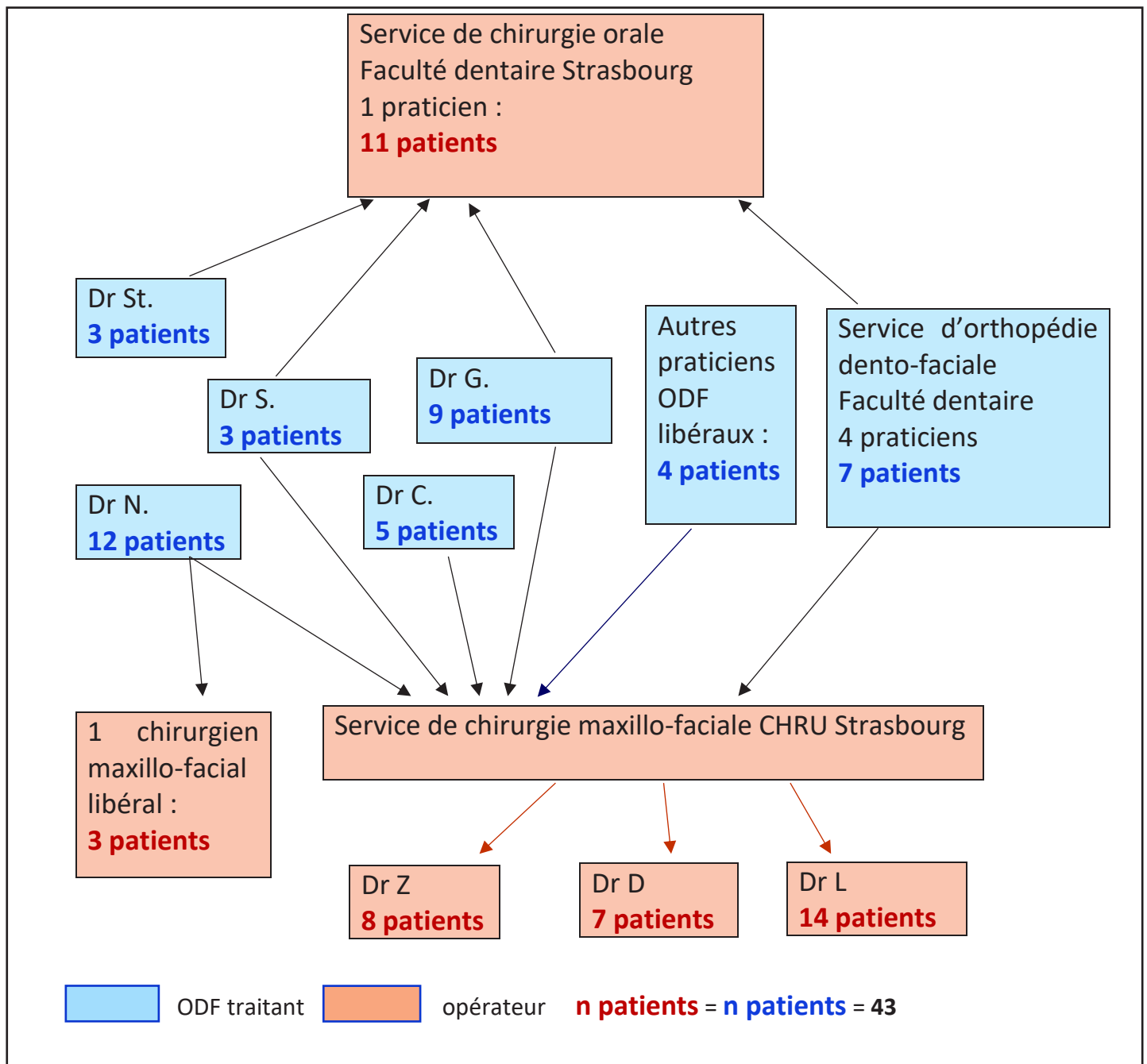
- Etat civil (nom, prénom)
- Antécédents de dysmorphose ou malformation syndromique affectant les maxillaires
- Indications orthodontiques à la pose d'un ancrage et mouvement envisagé
- Nombre de plaque par patient
- Site d'implantation
- Type de plaque utilisée
- Nombre de vis de fixation
- Préformage par un orthodontiste
- Durée du suivi
- Complications rencontrées et nature
- Influence sur l'issue du traitement

Les patients inclus étaient suivis par 8 orthodontistes libéraux et par 4 praticiens du service d'orthopédie dento-faciale du Pôle de médecine et chirurgie bucco-dentaire du CHU dont la répartition par praticien est donnée par l'[organigramme 1](#).

Au sein du service de chirurgie orale un seul praticien a traité l'intégralité des patients qui ont été référés. Les patients qui ont été référés au service de chirurgie maxillo-faciale du CHRU de Strasbourg ont été pris en charge par 3 praticiens. Enfin 3 patients inclus dans l'étude ont été référés à un chirurgien maxillo-facial libéral par un orthodontiste libéral.

Au total 43 patients ont été recensés et inclus dans la cohorte.

Organigramme 1 : dispersion de la cohorte de patients et effectifs par praticien



3.1.1.2 Bilan préopératoire

Tous les patients ont bénéficié d'une consultation préopératoire avec l'opérateur. Ils ont également bénéficié d'une radiographie panoramique préopératoire et dans certains cas d'un CBCT.

Le suivi était assuré conjointement par l'orthodontiste traitant et par chirurgien en cas de complication ou évènement indésirable.

3.1.1.3 Type d'ancrage utilisés

Les ancres utilisées étaient réparties entre les plaques TEB de la gamme Ankotek (Tekka, Brignais, France) en T pouvant être transformées en L, fixées avec 2 à 3 vis, et les plaques de type Orthodontic-bone-anchor (Synthes, Oberdorf, Suisse) ou Skeletal anchorage system (Stryker CMF, Kalamazoo, Etats Unis) en T fixées avec 2 à 5 vis. La figure 49 présente un exemple de plaques Synthes et Tekka après dépose.

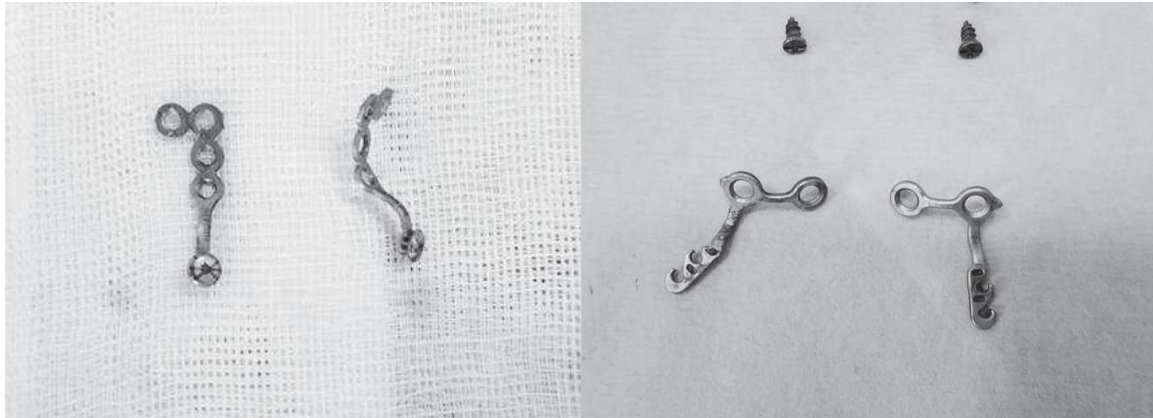


Figure 49: Plaques Synthes (à gauche) et TEB (à droite) en T transformées en L par section d'un trou du corps (source: auteur)

3.1.1.4 Technique utilisée

Toutes les plaques posées au service de chirurgie orale étaient réalisées sous anesthésie locale tandis que toutes celles qui étaient posées au service de chirurgie maxillo-faciale ou par un praticien libéral l'étaient sous anesthésie générale.

Pour les plaques Tekka (Global D), le site électif était exposé par une incision en L dont la partie horizontale se situe à la jonction entre la gencive kératinisée et la muqueuse libre puis rugination sous périostée. Deux ou trois vis autoforantes de 4mm ont été utilisées pour la fixation selon que la plaque comportait trois trous de vis ou qu'un des trous avait été sectionné (figure 50).

Toutes les plaques Tekka posées au service de chirurgie orale étaient préalablement conformées et adaptées au site anatomique receveur par un praticien du service d'orthopédie dento-faciale. Un over-jet était réalisé afin de ménager un espacement entre le fût exposé et la gencive kératinisée.

Les plaques Synthes posées au service de chirurgie maxillo-faciale étaient posées de façon similaire suivant une incision muqueuse horizontale poursuivie ou non d'un refend mésial vertical. Pour les sites parasymphysaires une seule et même incision horizontale était utilisée pour accéder aux sites gauche et droit.

La fixation était assurée par 3 ou 4 vis auto-taraudantes mises en place après pré-forage.

Les plaques en T étaient ou non transformées en L et conformées sur site par le chirurgien lui-même (figure 51).

Le site opératoire était refermé par des points de 4.0 résorbable (type Vicryl) après rinçage par une solution saline.

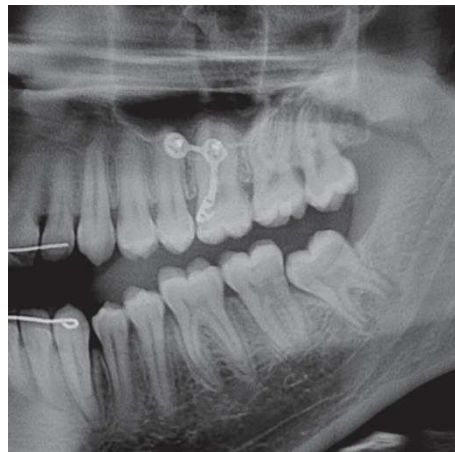


Figure 50 : Fixation d'une plaque TEB par 2 vis (source : auteur)

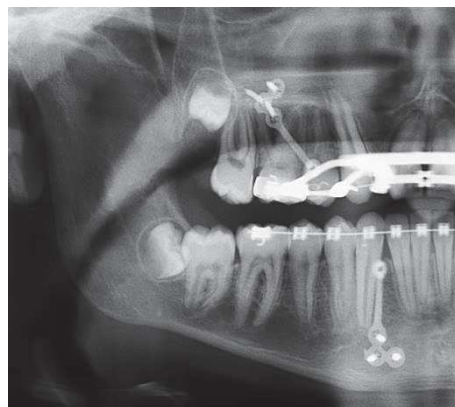


Figure 51: Fixation des plaques Synthes (courtoisie du Dr Grollemund)

3.1.1.5 Sites d'implantation

Parmi les sites maxillaires classiquement décrits seule la crête infra-zygomatique a été utilisée ici avec une émergence de la tête au niveau des deuxièmes prémolaires et premières molaires.

Pour les sites mandibulaires les localisations antérieure (entre les racines de la canine et de la première prémolaire) et postérieure (diverses positions de la plaque possible) avec émergence de la tête en regard des molaires ont été utilisées.

3.1.1.6 Prescriptions post opératoires

Une antibiothérapie par amoxicilline était prescrite durant 6 jours par l'ensemble des praticiens ainsi qu'une corticothérapie. Des bains de bouche à base de chlorhexidine ainsi qu'une alimentation froide et lisse étaient conseillés pendant une durée de 10 jours.

3.1.1.7 Critères de jugement

Le succès était défini comme la stabilité de l'ancre associée à une position tridimensionnelle compatible avec la fonction d'ancrage et la santé des tissus mous, ainsi que l'absence de signes cliniques inflammatoires.

Une fracture, une mobilité, une perte spontanée, une position inadéquate avec la fonction ou une irritation persistante des tissus mous étaient considérées comme des complications. Lorsqu'elles entraînaient une perte de fonction, une dépose ou un remplacement de la plaque cela constituait un échec.

Le taux d'échec et le taux de succès ont ainsi pu être calculés de la même façon que dans les études précédemment évaluées.

3.2 Résultats

Un total de cent quarante et une plaques a été posé chez quarante-trois patients entre 2011 et 2019 avec une moyenne de 3,25 plaques par patient avec un minimum d'une et un maximum de quatre. Les plaques refixées ou remplacées n'étaient comptabilisées qu'une seule fois.

La moyenne d'âge était de 17,3 ans et le suivi moyen était de 27 mois (de 4 mois à 7 ans). Une partie de ces ancrages étaient encore en cours d'utilisation au moment du recueil de données.

Tableau 4 : Localisation des ancrages et indications

<i>n total = 143</i>		<i>Localisations</i>		
<i>Indications</i>	<i>TIM classe III</i>	<i>Infra-zygomatique</i>	<i>Para-symphysaire</i>	<i>Mandibule postérieure</i>
		56	56	
		16	2	2
		7		
				4

3.2.1 Indications orthodontiques

Parmi les indications orthodontiques on retrouvait les tractions intermaxillaires réalisées majoritairement dans les traitements interceptifs des classes III avec hypomaxillie, dont 7 concernaient des patients présentant des séquelles de fente labio-alvéolo-palatines de diverses formes. L'objectif recherché chez ces patients est une stimulation de la croissance maxillaire antéro-postérieure sans application de force extra-orale. Chez ces patients la mise en place des ancrages est réalisée aux alentours de 11 ans en moyenne.

L'indication la plus fréquente dans cette cohorte était la traction intermaxillaire de classe III suivie de l'ingression postérieure et la rétraction en masse de l'arcade maxillaire. Les autres indications principales étaient la rétraction en masse ou sectorielle de l'arcade maxillaire et/ou l'ingression molaire afin de permettre une fermeture d'une béance antérieure.

Enfin dans certains cas une décompensation pré-chirurgicale de l'arcade mandibulaire était recherchée.

3.2.2 Localisation

Les cas de traction intermaxillaire recevaient systématiquement deux plaques maxillaires et deux plaques mandibulaires tandis que les cas où l'ingression et ou la rétraction étaient recherchées recevaient une ou deux plaques infra-zygomatiques ou mandibulaires postérieures.

Les ancrages étaient répartis comme suit : 77 plaques maxillaires et 64 plaques mandibulaires.

3.2.3 Matériel utilisé

On retrouve 27 plaques de la marque Tekka dont 24 étaient fixées par 2 vis mono-corticales et 3 par 3 vis mono-corticales, correspondant à 19% des ancres. Ce type de plaque ne pouvait accueillir que 3 vis maximum (figure 52).

Cent-six plaques Synthes ont été posées dont 8 fixées par 2 vis, 90 par 3 vis et 10 par 4 vis. Chez un patient les 4 plaques fixées par 2 vis ont dû être reposées et fixées par 3 vis. Les ancres Synthes représentaient 75% du matériel posé.

Huit plaques de la firme Stryker ont été posées chez 2 patients.

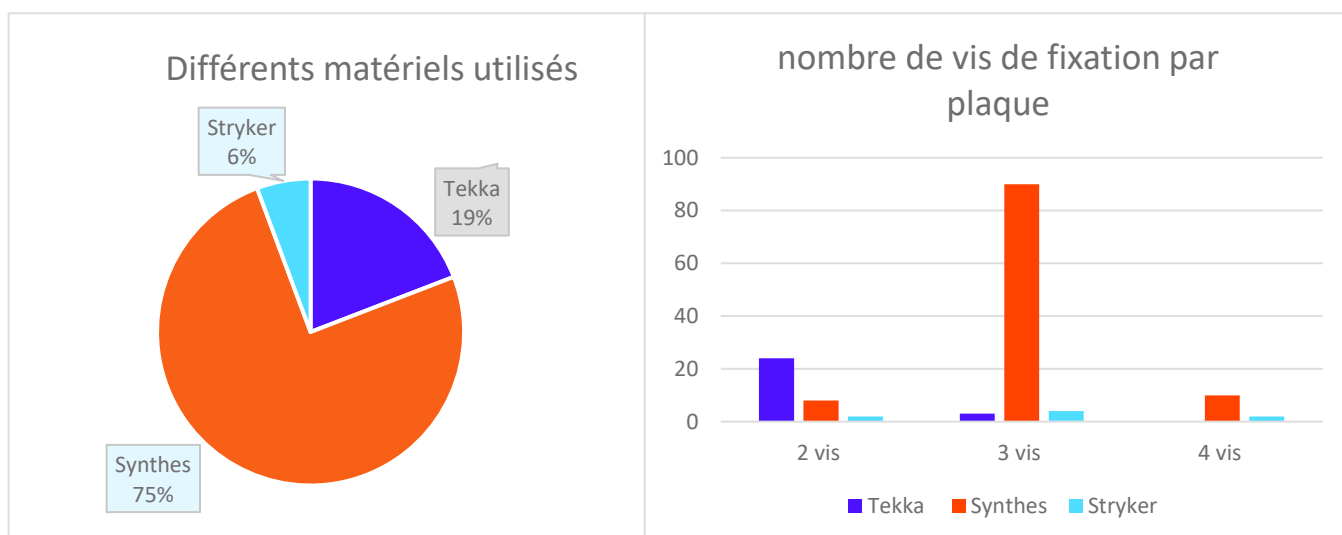


Figure 52 : Graphiques représentant la proportion de chaque système utilisé et le nombre de vis utilisées par système

3.2.4 Complications rencontrées

Parmi les complications observées on peut distinguer les complications d'ordre mécanique comme la fracture ou la mobilité de la plaque et les complications tissulaires comme un hyper-bourgeonnement ou une ulcération muqueuse.

L'absence de stabilité primaire était considérée comme un échec car il contre-indiquait la pose du dispositif. Une position inadéquate de l'ancrage est également considérée comme une complication, dans ces cas il était demandé à l'orthodontiste si la fonction de l'ancrage avait pu être maintenue.

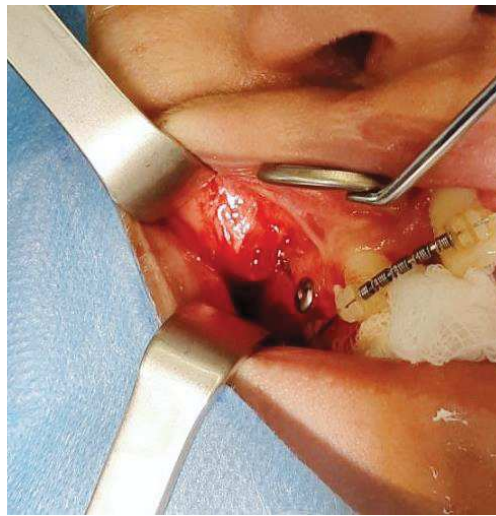


Figure 53 : Bourgeonnement muqueux associée à l'exposition du fût (source : auteur)

La principale complication rapportée dans cette cohorte était la mobilité de la plaque avec 13 plaques dont 11 ont dû être déposées ou remplacées (figure 54). Neuf de ces plaques comportaient deux vis de fixation et les quatre autres en comportaient trois. La mobilité concernait 7 plaques de la marque Tekka (soit 26%) et 6 plaques Synthes (soit 5,6%).

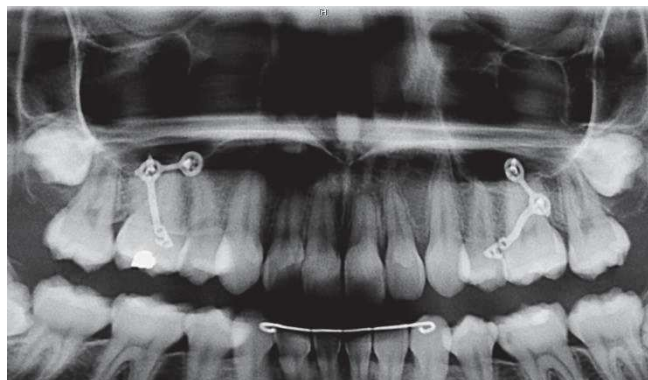


Figure 54 : Exemple de perte d'ancrage de vis distale de la plaque maxillaire gauche (source : auteur)

Quatre fractures de plaque ont été observées, toutes situées au niveau du fût. Dans un des cas celui-ci a pu être aménagé pour façonner un crochet et permettre le maintien en fonction (figure 56). Il est à noter qu'une de ces fractures est liée à un traumatisme facial et donc indépendante de facteurs intrinsèques au patient.

Dans un cas le manque de stabilité primaire a entraîné la dépose immédiate de l'ancrage. La plaque controlatérale a présenté une mobilité à 4 mois et a dû être déposée elle aussi.



Figure 56: Fraisage du fût fracturé pour créer une rétention (source : auteur)



Figure 55: cas de fracture sur une plaque SAS Stryker (source : auteur)

Concernant les complications tissulaires aucune complication infectieuse n'a été observé avec abcédation. Un enfouissement de la tête par bourgeonnement muqueux et une récession exposant une partie du fût avec tissu de granulation ont été observées chacune sur 2 plaques (figure 53). L'enfouissement de la tête de la plaque était associé à chaque fois à une mobilité de cette dernière et a abouti à la dépose. Une ulcération muqueuse labiale a été rapportée chez 3 patients, toujours au niveau mandibulaire.

Enfin une position inadéquate a été rapportée sur 3 plaques avec un maintien de la fonction par adaptation des moyens de raccord par l'orthodontiste.

Le tableau 5 présente la distribution des différentes complications et les échecs associées en fonction des systèmes utilisés.

Tableau 5 : Distribution des complications et échecs en fonction du type de système

Complications	Tekka	Synthes	Stryker	Total	Dont échec
mobilité	7	6		13	11
fracture		2	2	4	3
récession		2		2	
bourgeonnement	2	2		4	
ulcération		3		3	
malposition	1	3		4	
Absence de stabilité primaire	1			1	1
Total	11	18	2	31	
Dont échec	7	6	2		15

3.2.5 Taux de survie et taux de succès

En reprenant les résultats présentés dans le tableau 2 on obtient un total de 31 plaques ayant présenté au moins une complication. En effet les complications récurrentes comme la mobilité au niveau d'une ancre n'étant comptabilisées qu'une seule fois par site. Sur ces 31 complications 15 ont entraîné un échec à savoir la dépose de l'ancrage et/ ou la perte de fonction.

Sur les 15 cas d'échec 14 concernaient des plaques maxillaires et une plaque mandibulaire.

On obtient ainsi un taux d'échec de 11% et donc un taux de survie de 89%.

Le taux de succès global défini comme le taux de survie sans complication est quant à lui de 78%.

Dans cette cohorte le taux de succès des plaques Tekka s'élève à 60%, celui des plaques Stryker à 75% et celui des ancrs Synthes à 85%.

3.3 Discussion

Le taux de survie retrouvé dans cette série s'élève à 89% ce qui est légèrement inférieur au taux de survie global tiré de la revue de la littérature précédente qui s'élevait à 94%. Il existe une différence de 11% entre le taux d'échec et le taux de complications. Cette différence était de 14% en moyenne sur les 10 publications où les complications étaient comptabilisées. Ce chiffre indique que les complications n'entraînant pas un échec étaient moins importantes dans cette série. En effet il n'a pas été noté de complication à type d'abcès ou infection péri-implantaire alors que ce phénomène est régulièrement rapporté dans la littérature.

La majorité des ancrages ont été posées sous anesthésie générale à raison de 4 ancrages par intervention pour les tractions inter-maxillaires. Les poses unitaires ou bilatérales maxillaires étaient quant à elles réalisées sous anesthésie locale.

Cornelis recommande la pose sous anesthésie locale lorsque le nombre d'ancrages est inférieur à trois, associée ou non à une sédation. Lorsque le nombre d'ancrage est supérieur à 2 l'anesthésie générale est conseillée pour le confort du patient(23).

Cette modalité dépend principalement du degré de coopération du patient et de la convenance du praticien mais elle peut constituer un frein à l'indication d'un ancrage squelettique de la part de l'orthodontiste ou du patient.

3.3.1 Localisation

Le nombre d'ancrages était assez également réparti entre le maxillaire et la mandibule. Les complications à type de mobilité affectaient majoritairement les plaques maxillaires ce qui est concordant avec les affirmations de différents auteurs qui mettent en avant l'épaisseur fiable de la corticales externe mandibulaire en tout points assurant une stabilité et une sûreté des ancrages mandibulaires(50).

Les complications rencontrées au niveau mandibulaires étaient principalement représentées par des placements inadéquats ou des lésions muqueuses.

3.3.2 Données radiographiques

Huit patients avaient bénéficié d'un examen tri-dimensionnel de type CBCT avant la pose des ancrages. Parmi eux quatre patients incluant 5 plaques ont rencontré un échec par mobilité. L'épaisseur de la corticale au niveau des sites d'implantation a été mesurée sur les coupes coronales. Elle était comprise entre 1mm et 1,5mm dans quatre cas et de 2,7mm pour le cinquième (figure 57).



Figure 57 : Coupe coronale du CBCT montrant l'épaisseur osseuse suffisante

Différents auteurs ont étudié l'influence de l'épaisseur corticale sur la stabilité des ancrages. Hibi et coll retrouvent une valeur seuil comprise entre 1,1mm et 1,4mm induisant une différence statistiquement significative du taux d'échec sur un petit échantillon de 32 patients(53). Une épaisseur corticale de 1mm est nécessaire afin d'assurer une stabilité suffisante des minivis de fixation(50). Cependant aucune publication scientifique n'a à ce jour établi relation chiffrée précise entre l'épaisseur du support osseux et le taux de survie des mini-plaques(19).

3.3.3 Influence du nombre de vis

Dans la précédente revue de la littérature il n'a pas été mis en évidence d'influence statistiquement significative du nombre vis de fixation sur la stabilité des ancrages(48,59). Cependant on constate dans cette cohorte que 69% des plaques ayant présenté une mobilité accrue ne possédaient que 2 vis. Naphausen et coll retrouvaient dans leur étude une amélioration de la stabilité avec l'emploi de 3 vis de fixation(58). L'analyse par la méthode des éléments finis réalisée par Huang et coll retrouve une diminution du stress mécanique engendré au niveau de la corticale externe par la plaque avec l'ajout d'une troisième vis de fixation. (67)

3.3.4 Type de plaques et résistance mécanique

Les fractures rencontrées étaient toutes situées au niveau du fût et ne concernaient que les plaques de type Synthes et Stryker. Elles ont affecté 2 plaques de chaque marque mais avec une nette différence au prorata du nombre de plaques du même type (respectivement 1% et 25%).

Dans leur étude portant sur les propriétés mécaniques comparées de différents systèmes d'ancrages squelettiques Trandem et coll mettent en évidence une plus grande élasticité des plaques de la marque Stryker avec une déformation plastique atteinte à une charge inférieure par rapport aux plaques Synthes.

Ces propriétés mécaniques seraient expliquées en partie par la section du bras ronde chez Stryker et rectangulaire chez Synthes. Le procédé de fabrication exact n'est pas rapporté mais les auteurs supposent que les plaques Synthes seraient issues d'une pièce monobloc alors que le bras, le corps et la tête des plaques Stryker sont assemblés par fusion(68).

Aucune fracture n'a été observée sur les plaques de la marque Tekka. Les propriétés mécaniques de ces dernières ne sont cependant pas connues.

Les plaques Synthes et Stryker étaient principalement fixées à l'aide de 3 vis et plus alors que les plaques Tekka comportaient pour la plupart 2 vis de fixation. On peut se poser la question de la réponse différentielle au stress mécanique des plaques en fonction du nombre d'unités de fixation. Les analyses bio-mécaniques de Huang et coll et de Trandem et coll mettent en lumière l'influence de divers autres facteurs comme l'épaisseur corticale ou les caractéristiques de l'alliage. (68) (52)

3.3.5 Conformage de la plaque

Dans le groupe Tekka toutes les plaques étaient galbées par un orthodontiste alors que pour le groupe Synthes et Stryker l'opérateur s'en chargeait.

Ce protocole devrait permettre de sécuriser le positionnement et d'accroître la communication interdisciplinaire. Ainsi l'influence de ce conformage pourrait être retrouvée sur l'émergence de la tête et sur l'intégration des tissus environnants.

On constate qu'une position inadéquate a été retrouvée dans un cas pour une plaque conformée par un orthodontiste et dans 3 cas, dont 2 ancrages chez le même patient, dans le groupe conformé par l'opérateur. Au total les complications à type de position inadéquate ou mauvaise intégration muqueuse de la tête représentaient respectivement 11% et 9% des plaques.

Une des limites du protocole de conformation per-opératoire par un orthodontiste est son caractère chronophage par la nécessité de coordonner les agendas. Ceci ne peut être envisagé que dans une structure hospitalière ou un cabinet de groupe réunissant l'orthodontiste traitant et le chirurgien.

3.3.6 Apport des nouvelles technologies

La position exacte et la forme de la plaque peuvent être planifiées en amont grâce à l'apport des nouvelles technologies d'impression tri-dimensionnelle.

Paek et coll proposent dans leur publication la réalisation d'un guide stéréolithographique à appui dentaire réalisé par conception assistée par ordinateur à partir d'imageries bi-dimensionnelles et d'empreintes optiques des modèles dentaires (figure 51) (69).

Ce guide permet le positionnement optimal de l'incision puis de la plaque.



Figure 58 : Planification opératoire et conception d'un guide chirurgical (source : Paek et coll)

Hourfar et coll décrivent leur utilisation d'un logiciel de planification chirurgicale matchant une reconstruction du volume osseux issue du CBCT avec l'empreinte optique de l'arcade afin d'imprimer un guide de forage permettant le positionnement vertical optimal de l'émergence de la plaque (figure 59) (69).

La plaque est ainsi essayée sur le modèle puis le bras est galbé et sa position est fixée grâce à la réalisation d'un guide à appui dentaire appelé transfer-jig (figure 60).



Figure 59 : Guide de forage à appui dentaire (source : Hourfar 2014)



Figure 60 : Transfer-jig pour contrôle de la position de la tête de plaque (source : Hourfar 2014)

3.3.7 Expérience de l'opérateur

Le calcul des taux de succès par opérateur n'était pas pertinent dans cette série du fait de l'hétérogénéité de cette cohorte en termes d'indications, de matériel ou de technique utilisés. Il est logique cependant qu'il existe une courbe d'apprentissage comme pour tout geste chirurgical.

3.4 Proposition de protocole d'évaluation clinique standardisée

La standardisation de la prise en charge orthodontico-chirurgicale dans le cas des ancrages par mini-plaques serait nécessaire à la mise en place d'un protocole d'étude rigoureux. Pour cela un questionnaire préopératoire a été mis au point afin de simplifier la planification chirurgicale et la coordination entre les différents intervenants. (*Annexe n°1*)

La réalisation d'un CBCT préopératoire de façon systématique se justifie maintenant par la faible dose délivrée par les machines et par la possibilité de limiter l'irradiation à la zone d'intérêt.

De plus la réalisation d'une imagerie tri-dimensionnelle offrirait la possibilité d'une planification pré-opératoire passant par l'utilisation d'un modèle stéréo-lithographique du volume osseux sur lequel les futures plaques pourraient être pré-formées (figure 61). Les logiciels de planification chirurgicale permettent également maintenant la modélisation virtuelle du futur implant et l'impression de guides de forage destinés à sécuriser la position des vis de fixation.



Figure 61: préformage et essaie de la future plaque sur modèle stéréo-lithographique puis fixation pour réalisation d'un éventuel guide (source auteur)

Ce protocole a pour but de systématiser le bilan initial et si possible d'harmoniser les pratiques ce qui permettrait l'étude prospective et ou rétrospective d'une cohorte avec des groupes homogènes dont toutes les données seraient connues. La systématisation du recueil de certaines informations est en effet indispensable à l'appariement des différents groupes et à la mise en évidence de différences statistiquement significatives. Ces données statistiques sont essentielles à

l'établissement de preuves scientifiques concernant les différents facteurs de risques et de succès supposés.

Un second questionnaire serait également utilisé afin de systématiser les données du suivi à intervalles réguliers prédéfinis. L'évaluation clinique inclurait l'état des tissus mous périphériques, la position de la plaque par rapport au projet orthodontique, la stabilité et l'intégrité de cette dernière. (*Annexe n°2*)

Les dossiers médicaux sont de plus en plus informatisés de nos jours, ceci implique l'intégration de ces fiches pré et post-opératoires dans les logiciels de recueils médicaux comme Dxcare déjà largement utilisé. Une version exportable pourra ainsi permettre une communication plus fluide entre les praticiens libéraux et hospitaliers.

Ce type de formulaire existe déjà dans certains services pour diverses indications chirurgicales ou les réunions de concertation pluridisciplinaires.

Conclusion

Le système d'ancrage par mini-plaques est aujourd'hui largement répandu et il existe une grande variété de modèles disponibles. Ce système peut être considéré comme étant une alternative fiable et polyvalente dans de nombreux cas nécessitant un ancrage squelettique. La procédure chirurgicale a été décrite par de nombreux auteurs mais cette dernière reste spécifique à chaque modèle et chaque fabricant.

A ce jour aucune revue de littérature n'a évalué le taux de complication de ces dispositifs. Pour les 17 publications sélectionnées regroupant 2792 plaques on retrouvait un taux de survie de 94,8%. Seules 10 études comportaient suffisamment d'informations pour le calcul du taux de complications. Le taux de succès moyen calculé était de 80,9% soit une différence moyenne entre le taux de plaques perdues et le taux de plaques sans complications de 13,8%. Les événements indésirables les plus fréquemment rapportés étaient l'infection avec ou sans mobilité, la mobilité par perte d'ancrage ou encore le recouvrement par les tissus mous périphériques.

L'hétérogénéité dans la méthodologie employée par chaque auteur ne permet pas de conclure de façon claire concernant les facteurs de risque d'échecs ou de complications.

L'analyse d'une série de quarante-trois patients ayant bénéficié de la pose de 141 plaques d'ancrage au CHU de Strasbourg par 5 praticiens a montré un taux de survie de 89%, soit 15 plaques perdues. Les événements indésirables étaient au nombre de 31 pour un taux de succès de 78%. Ces résultats sont concordants avec ceux des études de ce type tirées de la littérature actuelle. La nature de ces complications était similaire hormis l'infection pour laquelle aucun cas n'a été observé dans cette cohorte.

Ces résultats préliminaires seraient à compléter par une étude prospective portant sur l'évaluation clinique des dispositifs d'ancrage par mini-plaques. Cette étude prospective nécessite un protocole rigoureux s'appuyant sur la planification et le recueil de données cliniques précises. C'est dans ce but qu'a été élaborée une fiche préopératoire à destination des chirurgiens et des orthodontistes systématisant la planification et incluant toutes les données nécessaires à une analyse statistique rigoureuse. Une seconde fiche de suivi a été établie pour permettre l'évaluation

clinique des ancrages durant la période d'utilisation. La mise en évidence des facteurs influençant ce taux de complications permettra de sécuriser ce type de prise en charge orthodontico-chirurgicale par l'établissement de recommandations de bonne pratique.

SIGNATURE DES CONCLUSIONS

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

Nom - prénom de l'impétrant : GODARD Aurélien

Titre de la thèse : Les ancrages squelettiques par miniplaques : analyse d'une série de cas posés au chu de Strasbourg et élaboration d'un formulaire d'évaluation clinique

Directeur de thèse : Docteur Sophie BAH-I-GROSS

VU

Strasbourg, le : 26.10.20

Le Président du Jury,

Pr François CLAUSS
HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG
O-Bâtes
Maladies Rares Orales et Dentaires
CRMH Coordonnateur

Professeur F. CLAUSS

VU

Strasbourg, le : 04 NOV. 2020

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS

Références bibliographiques

1. Bailleau A. Utilisation des plaques d'ancrage pour le traitement orthodontique de l'adulte [Mémoire CECSMO]. [Lyon]: Université Claude Bernard Lyon I; 2012.
2. Dictionnaire de l'Académie Française 9ème édition [Internet]. Disponible sur: <https://dictionnaire-academie.fr/article/A9A1691>
3. Dorignac D, Bardinnet E, Bazert C, Devert N, Diongue A, Duhart A-M. Biomécanique orthodontique et notion de force légère. 2008. (Orthopédie dento-faciale).
4. Cavaré A. Apport des corticotomies alvéolaires dans la distalisation molaire avec miniplaques d'ancrage : revue de la littérature et cas cliniques [PhD Thesis]. [Bordeaux]: Université de Bordeaux Collège des Sciences de la Santé UFR des Sciences Odontologiques; 2014.
5. Daskalogiannakis J, Bolender CJ. Glossaires des termes d'orthodontie. In: Edition française. Paris; 2002. (Quintessence Publishing Co.).
6. De Saboulin Bollena P. Contribution à l'étude du taux d'échec des minivis d'ancrage orthodontique et recherche des facteurs de risque : analyse clinique rétrospective [Doctorat de chirurgie dentaire]. Toulouse III Paul Sabatier; 2014.
7. Davarpanah M, Caraman M, Khoury PM, Augeraud E, Agachi A, Szmukler-Moncler S. L'apport de l'ancrage squelettique en orthodontie. Actualités odontostomatologiques. 2007;(237):41–58.
8. Thebault B, Dutertre E. Disimpaction of maxillary canines using temporary bone anchorage and cantilever springs. International orthodontics. 2015;13(1):61–80.
9. Creekmore TD, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. Journal of clinical orthodontics. 1983;17(4):266–269.
10. Roberts WE, Marshall KJ, Mozsary PG. Rigid endosseous implant utilized as anchorage to protract molars and close an atrophic extraction site. The angle orthodontist. 1990;60(2):135–152.
11. Baron P. Ancrages vissés en orthodontie. EMC odontologie/ orthopédie dento faciale. 2015;10(4).
12. Champy M, Loddé JP, Schmitt R, Jaeger JH, Muster D. Mandibular osteosynthesis by miniature screwed plates via a buccal approach. Journal of maxillofacial surgery. 1978;6:14–21.
13. Jenner JD, Fitzpatrick BN. Skeletal anchorage utilising bone plates. Australian orthodontic journal. 1985;9(2):231–233.

14. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1999;115(2):166–174.
15. Sugawara J, Daimaruya T, Umemori M, Nagasaka H, Takahashi I, Kawamura H, et al. Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2004;125(2):130–138.
16. Choi B-H, Zhu S-J, Kim Y-H. A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2005;128(3):382–384.
17. Sugawara J, Nishimura M. Minibone plates : the skeletal anchorage system. *Seminars in orthodontics*. 2005;11(1):47–56.
18. De Clerck H, Geerinckx V, Siciliano S. The zygoma anchorage system. *Journal of clinical orthodontics*. 2002;36(8):455–459.
19. Cornelis MA, Nyssen-Behets C. Success rates, risk factors and complications of miniplates used for orthodontic anchorage. In: *Skeletal anchorage in orthodontic treatment of class ii malocclusion* [Internet]. Elsevier; 2015 [cité 3 sept 2020]. p. 252–257. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780723436492000488>
20. Pujo C. Les ancrages vissés en orthodontie : présentation et revue de la littérature [doctorat de chirurgie dentaire]. Paul Sabatier - Toulouse III; 2013.
21. Chen Y-J, Chang H-H, Huang C-Y, Hung H-C, Lai EH-H, Yao C-CJ. A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clinical oral implants research*. 2007;18(6):768–775.
22. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2003;124(4):373–378.
23. Cornelis MA, Scheffler NR, Mahy P, Siciliano S, De Clerck HJ, Tulloch JFC. Modified miniplates for temporary skeletal anchorage in orthodontics : placement and removal surgeries. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2008;66(7):1439–1445.
24. De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevitanes LH, Heymann GC, Tulloch CJF. Orthopedic traction of the maxilla with miniplates : a new perspective for treatment of midface deficiency. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2009;67(10):2123–2129.
25. Marinetti A. Indications de mise en place des systèmes d’ancrage squelettique en pratique courante. In Paris; 2009.

26. Jones JP, Elnagar MH, Perez DE. Temporary skeletal anchorage techniques. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. 2020;32(1):27-37.
27. Cha B-K, Choi D-S, Ngan P, Jost-Brinkmann P-G, Kim S-M, Jang I-S. Maxillary protraction with miniplates providing skeletal anchorage in a growing Class III patient. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2011;139(1):99–112.
28. Sugawara J, Nishimura M. Minibone plates: The skeletal anchorage system. *Seminars in Orthodontics*. mars 2005;11(1):47–56.
29. Cornelis MA, De Clerck HJ. Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digital models : a prospective clinical trial. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2007;132(3):373–377.
30. De Clerck HJ, Cornelis MA. Biomechanics of skeletal anchorage. Part 2 : class II nonextraction treatment. *Journal of clinical orthodontics*. 2006;40(5):290–298 ; quiz 307.
31. Cornelis MA, De Clerck HJ. Biomechanics of skeletal anchorage. Part 1. Class II extraction treatment. *J Clin Orthod*. avr 2006;40(4):261-9; quiz 232.
32. Nagasaka H. The present and future of the skeletal anchorage system (SAS) using miniplates for the treatment and management of jaw deformities. *The japanese journal of jaw deformities*. 2012;22(Supplement):S35–S44.
33. Peres FG, Padovan LEM, Kluppel LE, Albuquerque GC, Souza PCU, Claudino M. Use of miniplates as a method for orthodontic anchorage : a case report. *Dental press journal of orthodontics*. 2016;21(5):95–102.
34. Enache AM, Nicolescu I, Georgescu CE. Mandibular second molar impaction treatment using skeletal anchorage. *Rom J Morphol Embryol*. 2012;53(4):1107–1110.
35. De Clerck H, Cornelis M, Timmerman H. [Dental tours de force 4. The use of a bone anchor for holding upright a tipped molar in the lower jaw]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*. janv 2004;111(1):10-3.
36. Sugawara J, Baik UB, Umemori M, Takahashi I, Nagasaka H, Kawamura H, et al. Treatment and posttreatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction. *The international journal of adult orthodontics & orthognathic surgery*. 2002;17(4):243–253.
37. Sherwood K. Correction of skeletal open bite with implant anchored molar/bicuspid intrusion. *Oral and maxillofacial surgery clinics of north America*. 2007;19(3):339–350, vi.
38. Erverdi N, Keles A, Nanda R. The use of skeletal anchorage in open bite treatment : a cephalometric evaluation. *The angle orthodontist*. 2004;74(3):381–390.

39. Faber J, Morum TFA, Leal S, Berto PM, Carvalho CKS. Miniplacas permitem tratamento eficiente e eficaz da mordida aberta anterior. *Revista dental press de ortodontia e ortopedia facial*. 2008;13(5):144–157.
40. Bensaïd H. Les plaques d'ancrage : profil de leur utilisation par les orthodontistes du Bas- Rhin [Thèse de doctorat en chirurgie dentaire]. Strasbourg; 2017.
41. Thébault B, Bédhet N, Béhaghel M, Elamrani K. The benefits of using anchorage miniplates. Are they compatible with everyday orthodontic practice ? *International orthodontics*. 2011;9(4):353–387.
42. Chung K-R, Kim S-H, Kang Y-G, Nelson G. Orthodontic miniplate with tube as an efficient tool for borderline cases. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2011;139(4):551–562.
43. Farret MM, Farret MMB. Class II malocclusion with accentuated occlusal plane inclination corrected with miniplate: a case report. *Dental Press J Orthod*. juin 2016;21(3):94-103.
44. Chung K-R, Kim Y, Ahn H-W, Lee D, Yang D-M, Kim S-H, et al. Targeted Traction of Impacted Teeth With C-Tube Miniplates: The Journal of Craniofacial Surgery. sept 2014;25(5):e485-8.
45. Miyahira YI, Maltagliati LA, Siqueira DF, Romano R. Miniplates as skeletal anchorage for treating mandibular second molar impactions. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2008;134(1):145–148.
46. De Clerck H. Bollard modified miniplates [Internet]. [cité 21 mai 2020]. Disponible sur: <http://www.hugodeclerck.net/Product.html>
47. Seo KW, Iskenderoglu NS, Hwang E-H, Chung K-R, Kim S-H. Miniplate with a bendable C-tube head allows the clinician to alter biomechanical advantage in extremely complicated anatomic structure. *Journal of craniofacial surgery*. 2017;28(3):817–820.
48. Thean D, Gebauer D, Wan K, Vujcich N, Goonewardene M. Retrospective comparison of the number of screws used for fixation of skeletal anchorage plates in orthodontics, and their failure rates. *British journal of oral and maxillofacial surgery*. 2018;56(10):941–945.
49. Prabhu J, Cousley RRJ. Current Products and Practice: Bone anchorage devices in orthodontics. *Journal of orthodontics*. 2006;33(4):288-307.
50. Rossi M, Bruno G, De Stefani A, Perri A, Gracco A. Quantitative CBCT evaluation of maxillary and mandibular cortical bone thickness and density variability for orthodontic miniplate placement. *International orthodontics*. 2017;15(4):610–624.

51. Präger TM, Brochhagen HG, Mischkowski R, Jost-Brinkmann P-G, Müller-Hartwich R. Assessing bone volume for orthodontic miniplate fixation below the maxillary frontal process. *Journal of orofacial orthopedics*. 2014;75(5):399–408.
52. Mommaerts MY, Michiels MLE, De Pauw GA. A 2-year outcome audit of a versatile orthodontic bone anchor. *Journal of orthodontics*. 2005;32(3):175–181.
53. Hibi H, Sakai K, Oda T, Hattori H, Ueda M, Sakai M. Stability of a locking plate and self-drilling screws as orthodontic skeletal anchorage in the maxilla : a retrospective study. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2010;68(8):1783–1787.
54. Mommaerts MY, Nols V, De Pauw G. Long-term prospective study of an orthodontic bone anchor. *The international journal of oral & maxillofacial implants*. 2014;29(2):419–426.
55. Société francophone de médecine buccale et chirurgie buccale. Recommandations pour la prescription des anti-inflammatoires en chirurgie buccale chez l'adulte. *Médecine buccale chirurgie buccale*. 2008;14(3):130–159.
56. Kim G-T, Kim S-H, Choi Y-S, Park Y-J, Chung K-R, Suk K-E, et al. Cone-beam computed tomography evaluation of orthodontic miniplate anchoring screws in the posterior maxilla. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2009;136(5):628.e1–628.e10.
57. Çubuk S, Kaya B, Şahinoğlu Z, Ateş U, Özçırpıcı AA, Uçkan S. Sagittal skeletal correction using symphyseal miniplate anchorage systems : Success rates and complications. *Journal of orofacial orthopedics*. 2019;80(1):9–16.
58. Naphausen MTP, Noverraz RRM, Noverraz-Maertens JKM, de Koning MJJ, Bergé SJ. Clinical results of bone anchors for orthodontic anchorage ; the indications and surgical complications. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*. 2009;116(4):180–184.
59. Lee S-J, Lin L, Kim S-H, Chung K-R, Donatelli RE. Survival analysis of a miniplate and tube device designed to provide skeletal anchorage. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2013;144(3):349–356.
60. Chen C-H, Hsieh C-H, Tseng Y-H, Huang I-Y, Shen Y-S, Chen C-M. The use of miniplate osteosynthesis for skeletal anchorage. *Plastic and reconstructive surgery*. 2007;120(1):232–235.
61. Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung H-M, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage : success rates and postoperative discomfort. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2007;131(1):9–15.
62. Eroğlu T, Kaya B, Çetinşahin A, Arman A, Uçkan S. Success of zygomatic plate-screw anchorage system. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2010;68(3):602–605.

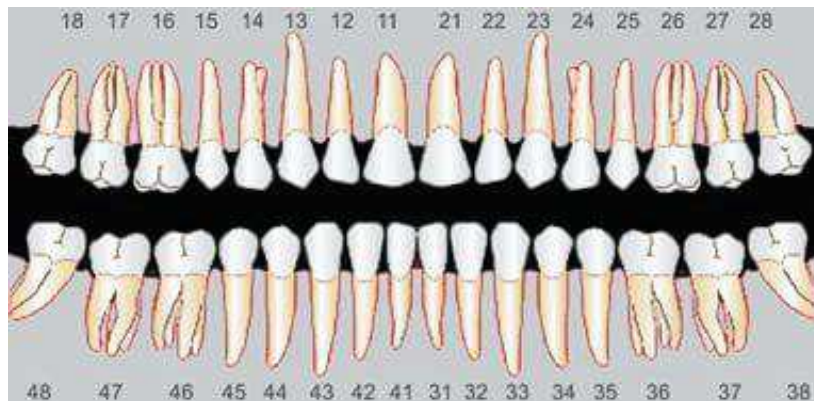
63. Lam R, Goonewardene MS, Allan BP, Sugawara J. Success rates of a skeletal anchorage system in orthodontics : a retrospective analysis. *The angle orthodontist*. 2018;88(1):27–34.
64. Takaki T, Tamura N, Yamamoto M, Takano N, Shibahara T, Yasumura T, et al. Clinical study of temporary anchorage devices for orthodontic treatment. *The bulletin of Tokyo dental college*. 2010;51(3):151–163.
65. Findik Y, Baykul T, Esenlik E, Turkkahraman MH. Surgical difficulties, success, and complication rates of orthodontic miniplate anchorage systems : experience with 382 miniplates. *Nigerian journal of clinical practice*. 2017;20(5):512.
66. Schätzle M, Männchen R, Zwahlen M, Lang NP. Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices: a systematic review: Survival and failure rates of orthodontic temporary anchorage devices. *Clinical oral implants research*. 2009;20(12):1351-9.
67. Huang Y-W, Chang C-H, Wong T-Y, Liu J-K. Bone stress when miniplates are used for orthodontic anchorage : Finite element analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2012;142(4):466-72.
68. Trandem KC, Korach CS, Schindel RH. Comparison of deformation of 3 orthodontic miniplate lever arms. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2011;140(4):531–536.
69. Paek J, Jeong D-M, Kim Y, Kim S-H, Chung K-R, Nelson G. Virtually fabricated guide for placement of the C-tube miniplate. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2014;145(5):694–702.

Annexes

Annexe n°1 : Exemple de formulaire de planification pré-opératoire

Fiche de Planification en vue d'un dispositif d'ancrage squelettique
A destination de l'orthodontiste

- Plan de traitement et diagnostic orthodontique :
.....
- Mouvements orthodontiques envisagés :
.....
- Etape du plan de traitement actuelle :
.....
- Nombre de dispositifs d'ancrages souhaités :
.....
- Type d'attachement souhaité :
.....
- Localisation souhaitée de la tête :



- Acte complémentaire souhaité :
- ☐ Germectomie 3èmes molaires
 - ☐ Avulsion 14/24/34/44
 - ☐ Frénectomie linguale / labiale
 - ☐ Disjonction inter-maxillaire
 - ☐ corticotomies

A destination du chirurgien :

- Âge du patient :
- Tabac (cig/j) :
- Antécédents médico-chirurgicaux :
.....
- Traitements :
- Allergies :

➤ **Bilan clinique :**

- Hygiène bucco-dentaire : ☐ correcte ☐ perfectible ☐ médiocre
- Ouverture buccale :mm
- Hauteur gencive kératinisée (site envisagé) : mm
- Profondeur du vestibule (site envisagé) : faible – moyenne – importante

➤ **Bilan radiologique :**

- Orthopantomogramme :
Hauteur radiculaire (site envisagé) :mm
Espace inter-radicaire:mm – entre :/.....
- CBCT : épaisseur corticale (site envisagé) : mm

➤ **Matériel**

- Type de plaque : forme :
- Longueur fût :mm
- Nombre de vis :
- Localisation :(figurer sur le schéma)
- Préformage souhaité :
 - ☐ Oui :
 - ☐ Sur site
 - ☐ Sur modèle 3D
 - ☐ Non



Synthèse – planification chirurgicale

(à destination des deux praticiens correspondants)

Nombre de plaques :

Type :

Longueur fût :

Sites envisagés :

Préformage :

Date d'intervention prévue :

Type d'anesthésie : ☐ Locale ☐ sédation IV ☐ Générale

Acte associé :

Consentement du patient :

☐ Oui

☐ Non

Annexe n° 2 : exemple de fiche d'évaluation post-opératoire

Fiche de suivi post-opératoire :

Entretien clinique :

- Délai post-opératoire : Mois
- Nombre d'ancrages posés :
- Douleur rapportée (EVA):mm
- Gène fonctionnelle : Aucune - modérée - importante
- Site(s) concerné(s) :

Examen clinique :

- Qualité de la cicatrisation : Acquise - en cours - retardée
- Site(s) concerné(s) par un défaut de cicatrisation :
- Nature :
 - ☐ Désunion
 - ☐ Hyper-bourgeonnement
 - ☐ Ulcération
- Stabilité des ancrages :
 - ☐ Immobilité : sites :
 - ☐ Mobilité faible (< 2 mm) : sites :
 - ☐ Mobilité importante (>2mm) : sites :
- Mise en charge : oui - non
- Position de la tête de plaque :
 - ☐ Optimale – sites : ☐ inadéquate – sites :
- Evolution des ancrages :
 - ☐ Maintiens en fonction
 - ☐ Refixation - sites :
 - ☐ Dépose – déplacement - sites :

GODARD (Aurélien) - Les ancrages squelettiques par mini-plaques : analyse d'une série de cas posés au CHU de Strasbourg et élaboration d'un formulaire d'évaluation clinique

(Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2020 ; N°64)

N° 43.22.20.64

Résumé :

Les ancrages osseux par mini-plaques vissées sont apparus il y a une vingtaine d'années et ils se sont rapidement généralisés. Ils répondent au même principe d'ancrage dit « absolu » que les mini-vis mais ont démontré une fiabilité et une efficacité qui en font un élément incontournable de l'arsenal thérapeutique actuel de l'orthodontiste. Contrairement aux mini-vis dont la pose rapide et peu invasive peut être réalisée par l'orthodontiste, la pose et l'adaptation des mini-plaques requière la collaboration entre l'orthodontiste et un chirurgien oral ou maxillo-facial. Une récente étude a établi la faible utilisation de ce protocole par les orthodontistes du Bas-Rhin malgré une fiabilité confirmée par plusieurs travaux. L'essentiel de la littérature porte en effet sur l'efficacité de la thérapie orthodontique sans donner de précision sur la procédure chirurgicale et la coopération entre les différents intervenants. Ce travail apporte une synthèse de la littérature portant sur le taux de survie des mini-plaques et les complications rencontrées. Cette revue sera illustrée par une analyse rétrospective d'une série de cas traités au CHU de Strasbourg. Il aboutira à l'élaboration d'un protocole d'évaluation clinique reposant sur une fiche de planification standardisée et une seconde fiche de suivi clinique des ancrages.

Rubrique de classement : Chirurgie orale – orthopédie dento-faciale

Mots clés : ancrage squelettique ; mini-plaques ; plaques d'ancrage, implants temporaires ;

Me SH : skeletal-anchorage; mini-plates; anchorage bone plates ; temporary devices

Jury :

Président : Professeur CLAUSS François

Assesseurs : Docteur BAH-GROSS Sophie
Docteur WAGNER Delphine
Docteur GROLLEMUND Bruno

Coordonnées de l'auteur :

Adresse postale :

GODARD AURELIEN

24 rue du LAZARET

67100 STRASBOURG

Adresse de messagerie :

aureliengoodaard@gmail.com