

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE
D'ODONTOLOGIE

Année 2004

Thèse n°48

**L'ancrage implantaire en ODF :
Aspects Théoriques**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*Présentée
et soutenue publiquement par :*

Mademoiselle BOULARD Christelle

Née le 25 avril 1979

Le 2 Décembre 2004, devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur Bernard GIUMELLI
Assesseurs : Monsieur le Professeur Alain DANIEL
Monsieur le Docteur Saïd KIMAKHE
Monsieur le Docteur Laurent WACHTER

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Marc-Henri NIVET

L'ancrage implantaire en ODF : Aspects théoriques

INTRODUCTION	- 7 -
--------------------	-------

I- DEFINITIONS, GENERALITES, ET PRINCIPES FONDAMENTAUX	- 8 -
--	-------

I.1- Rappels..... - 8 -

I.1.1- Généralités histologiques sur l'organe dentaire et les procès alvéolaires..... - 8 -

a- Anatomie macroscopique..... - 8 -

b- Histophysiologie osseuse..... - 9 -

I.1.2- Notions biomécaniques sur les forces mises en présence lors d'un déplacement orthodontique..... - 10 -

a- Définition d'une force..... - 11 -

b- Analyse des différentes forces et des différents mouvements..... - 13 -

c- Paramètres d'influence sur un mouvement orthodontique..... - 14 -

d- Eléments appréciés pour déterminer l'évolution d'un équilibre..... - 16 -

I.1.3 - La thérapeutique orthodontique..... - 17 -

a- Définition de l'ODF..... - 17 -

b- Anomalies de l'ODF..... - 17 -

c- Objectifs d'un traitement ODF..... - 18 -

d- Paramètres biologiques pris en compte lors d'un traitement orthodontique .. - 20 -

I.2- L'ancrage en ODF..... - 21 -

I.2.1 – Généralités..... - 21 -

a- Définition..... - 21 -

b- Historique..... - 22 -

c- Principes d'ancrage..... - 23 -

d- Classification..... - 26 -

e- Cas particulier : la dent ankylosée : - 29 -

I.2.2- Les appareils	- 30 -
a- <u>Définition</u>	- 30 -
b- <u>Appareil extra-oral</u>	- 30 -
c- <u>L'ancrage intra-oral</u> :	- 31 -
d- <u>Renforcement de l'ancrage</u>	- 35 -
I.2.3- La perte d'ancrage.....	- 36 -
a- <u>Limites de l'ancrage orthodontique</u>	- 36 -
b- <u>Conséquences d'une perte d'ancrage</u>	- 37 -
I.2.4- Moyens de déterminer l'ancrage nécessaire	- 37 -
a- <u>Etude clinique</u>	- 37 -
b- <u>Etude céphalométrique</u>	- 38 -
<hr/>	
II- L'IMPLANT UTILISE EN ODONTOLOGIE	- 38 -
<hr/>	
<u>II.1- Principes théoriques</u>	- 38 -
II.1.1- <u>Définition de l'ostéointégration-fibrointégration</u>	- 38 -
II.1.2 - <u>Critères de succès de l'ostéointégration</u>	- 39 -
II.1.3 – <u>Critères d'obtention de l'ostéointégration</u>	- 40 -
a- <u>Nature du matériau implanté</u>	- 40 -
b- <u>Forme de l'implant</u>	- 42 -
c- <u>Technique chirurgicale et site osseux</u>	- 42 -
II.1.4- <u>Contre-indications à la chirurgie implantaire</u>	- 43 -
a- <u>Contre-indications générales absolues définitives</u> :	- 43 -
b- <u>Contre-indications générales absolues temporaires</u> :	- 44 -
c- <u>Contre-indications loco-régionales</u> :	- 44 -
II.1.5 – <u>Indications à la chirurgie implantaire</u>	- 44 -
a- <u>Prothèse endobuccale</u> :	- 44 -
b- <u>Orthodontie</u>	- 45 -
c- <u>Prothèse exobuccale</u>	- 45 -

<u>II.2- Inter-relation implantologie-ODF</u>	- 46 -
<u>II.2.1- Indication pour une agénésie dentaire</u>	- 46 -
<u>II.2.2- Etude de la croissance et évolution d'un traitement orthodontique</u>	- 47 -
<u>II.2.3- Orthodontie avant implantation</u>	- 47 -
<u>II.2.4- Implant servant de contention après un traitement orthodontique</u>	- 48 -
<u>II.2.5- Indication pour un ancrage orthodontique</u>	- 48 -
a- <u>Pour un mouvement dentaire</u>	- 49 -
b- <u>Pour un mouvement osseux</u>	- 50 -
<hr/>	
<u>III- UN NOUVEAU TYPE D'ANCRAGE EN ODF : L'ANCRAGE IMPLANTAIRE</u> -	51 -
<u>III.1- Introduction</u>	- 51 -
<u>III.2- Historique</u>	- 51 -
<u>III.2.1- Application orthodontique chez l'animal</u>	- 51 -
<u>III.2.2- Application chez l'homme</u>	- 53 -
<u>III.3- Implant conventionnel orthoprotétique</u>	- 54 -
<u>III.3.1- Etude pré-implantaire</u>	- 54 -
<u>III.3.2- Etude implantaire</u>	- 56 -
<u>III.3.3- Critères impératifs</u>	- 56 -
<u>III.3.4- Volume osseux minimal pour poser un implant</u>	- 56 -
<u>III.3.5- Le guide chirurgical</u>	- 57 -
<u>III.3.6- Impératifs prothétiques</u>	- 57 -

<u>III.3.7- Rôle en tant qu'ancrage orthodontique</u>	- 58 -
<u>III.3.8- Indications</u>	- 58 -
<u>III.3.9- Inconvénients</u>	- 59 -
<u>III.3.10- Avantages</u>	- 59 -
<u>III.3.11- Illustration par deux cas cliniques</u>	- 59 -
<u>III. 4- Implants limités à la durée du traitement orthodontique</u>	- 61 -
<u>III.4.1- Implant temporaire endo-osseux</u>	- 61 -
<i>III.4.1.1- Les implants</i>	- 61 -
a- <u>L'Orthosystem de chez Straumann</u>	- 61 -
b- <u>Les Mini-implants</u>	- 68 -
c- <u>L'implant rétro-molaire</u>	- 71 -
<i>III.4.1.2- Les Vis</i>	- 73 -
a- <u>Les Micro-implants de Park</u>	- 73 -
b- <u>L'implant Åarhus</u>	- 77 -
c- <u>Bicortical Titanium Screws</u>	- 81 -
d- <u>The Spider Screw</u>	- 83 -
<i>III.4.1.3- Les plaques</i>	- 86 -
e- <u>Les Mini-plaques</u>	- 86 -
f- <u>L'implant Graz</u>	- 90 -
<u>III.4.2- Implant sous-périosté</u>	- 93 -
- <u>Onplant de Nobel Biocare</u>	- 93 -
<u>III.4.3- Implant biodégradable : le BIOS</u>	- 98 -
CONCLUSION	- 101 -

« Il est plus facile de commencer que de finir »

PLAUTE

INTRODUCTION

Cette étude va s'attacher à définir l'ancrage implantaire, à en démontrer l'utilité lors des traitements orthodontiques et à présenter différents systèmes actuellement mis sur le marché par les fournisseurs.

Un des soucis majeurs de l'orthodontiste est sans aucun doute le contrôle de l'ancrage afin de parvenir aux objectifs définis lors du plan de traitement.

En effet, le mouvement orthodontique est soumis à la loi d'action-réaction de Newton, ce qui sous-entend l'apparition de mouvements parasites.

Ces effets, classiquement indésirables, peuvent compromettre le déroulement du traitement et l'obtention de résultats conformes aux objectifs fixés.

D'autre part, les techniques traditionnelles présentent certains désavantages pour le patient tels qu'un préjudice esthétique, une coopération très rigoureuse, un certain degré d'inconfort.

Il paraît donc logique de s'intéresser à l'implantologie qui semble offrir à l'orthodontiste des perspectives intéressantes.

Dans cette étude nous verrons que l'implant représente un ancrage maximal car il ne bouge pas sous l'action des forces orthodontiques.

Nous présenterons alors les nouveaux types d'ancrage implantaire à visée orthodontique permettant d'offrir un contrôle idéal des forces, d'obtenir des résultats plus prévisibles et de réduire la durée de traitement.

Nous en donnerons les indications, les avantages et les inconvénients, les limites et les modalités de mise en œuvre.

I- DEFINITIONS, GENERALITES, ET PRINCIPES

FONDAMENTAUX

I.1- Rappels

I.1.1- Généralités histologiques sur l'organe dentaire et les procès alvéolaires

a- Anatomie macroscopique

- Les procès alvéolaires :

Les procès alvéolaires constituent le tissu de soutien des dents et leur existence dépend de la présence des dents ; ils se résorbent en cas d'extraction dentaire.

Ce sont des os plats spongieux avec deux surfaces de part et d'autre appelées tables osseuses externes et internes ou corticales.

La corticale est formée d'une couche d'os compact haversien plus ou moins épaisse. L'épaisseur de la corticale varie selon la position de la dent sur l'arcade, et selon le site osseux au maxillaire ou à la mandibule.

Le tissu osseux des procès alvéolaires est en perpétuel remaniement, d'une grande plasticité, constamment détruit et reformé.

- Les septa :

Ils sont constitués de tissu osseux spongieux organisé de façon à offrir une résistance maximale par rapport aux contraintes auxquelles est soumise la dent avec un minimum de tissu osseux.

- Le ligament alvéolo-dentaire

C'est un tissu conjonctif dense qui entoure les racines dentaires et sépare les dents des procès alvéolaires.

Le ligament alvéolo-dentaire est donc constitué de fibres de collagène, de cellules, vaisseaux et nerfs ; le tout baignant dans une substance fondamentale conjonctive.

Ses fonctions sont multiples :

- Fonction de fixation de la dent à l'alvéole
- Fonction de défense
- Fonction génératrice et réparatrice
- Fonction masticatoire

b- Histophysiologie osseuse

Les procès alvéolaires sont très souvent soumis à des remaniements structuraux en relation avec des stimuli qui peuvent être de différentes natures :

- la fonction occlusale
- le déplacement physiologique des dents
- un traitement orthodontique

Des phénomènes de résorption et d'apposition se succèdent.

Lors d'un déplacement dentaire de distal en mésial par exemple, il se produira une résorption sur la face mésiale et un phénomène d'apposition sur la face distale.

D'un point de vue histologique, on observe sur la paroi alvéolaire :

- Des surfaces avec apposition d'ostéoblastes
- Des surfaces quiescentes avec des cellules bordantes
- Des surfaces de résorption avec des ostéoclastes et des lacunes de Howship.

Les changements tissulaires lors des thérapeutiques orthodontiques se traduisent par :

- Une résorption osseuse du côté opposé à la force, on parle de pression. Cette résorption varie selon l'intensité de la force.
- Une apposition osseuse du côté de la force, on parle de tension.

Tout ceci permet de maintenir une largeur constante de l'espace alvéolo-dentaire.

c- Vieillissement osseux (68)

Le remodelage permet un renouvellement de la substance osseuse, il est continu pendant toute la vie chez un sujet sain.

L'unité de base est l'association de cellules bordantes, d'ostéoclastes et d'ostéoblastes.

Ces cellules agissent simultanément de façon coordonnée pour entretenir les remaniements.

Toutes ces interactions cellulaires se font par le biais de facteurs solubles tels que des cytokines, et des facteurs de croissance.

Le remodelage osseux est composé de plusieurs phases:

- une phase de quiescence

Une grande partie de la surface osseuse présente des cellules allongées et fines à l'état de repos, c'est-à-dire quiescentes.

- une phase d'activation

Les cellules mononucléées sont recrutées et vont se regrouper pour former des ostéoclastes qui vont alors reconnaître la zone particulière qui doit être résorbée.

- une phase de résorption

Les ostéoclastes s'attachent à la surface osseuse à résorber et créent une chambre de résorption dégradant ainsi la matrice osseuse par des enzymes.

- une phase d'inversion

L'ostéoclaste libère alors une lacune irrégulière où vont s'apposer des cellules mononucléées pour uniformiser l'état de surface.

- une phase de formation

Les cellules bordantes redeviennent des ostéoblastes qui commencent à synthétiser une matrice qui va se minéraliser.

(50)

I.1.2- Notions biomécaniques sur les forces mises en présence lors d'un déplacement orthodontique

Toutes les thérapeutiques orthodontiques mécaniques, qu'elles soient amovibles ou fixes corrigent les dysmorphies en utilisant des forces.

La compréhension des lois biomécaniques et de leurs principes est fondamentale pour appréhender les déplacements dentaires.

a- Définition d'une force

Selon le Petit Larousse Illustré, «une force correspond à toute cause capable de déformer un corps, d'en modifier l'état de repos ou de mouvement ». (51)

Dans le système métrique, l'unité de la force est le gramme ou le gramme / millimètre² ; mais l'unité légale est le Newton.

La force se définit par un vecteur caractérisé par cinq paramètres : intensité, direction, sens, point d'application et rythme.

(50)

- Son intensité :

La transmission d'une force appliquée sur une dent se transforme soit en une pression quand le travail est appliqué par contact, c'est à dire directement à la dent ; soit en traction quand le travail s'exerce sur la dent par l'intermédiaire d'une ligature.

Cette force se répartit de manière très inégale selon son intensité et les caractéristiques du milieu.

L'intensité des forces utilisées en orthodontie est définie par un seuil minimum correspondant à l'activation des cellules osseuses pour obtenir une activation tissulaire et un seuil maximal de multiplication ostéoclasique pouvant produire au-delà des lésions irréversibles de la dent, de l'os et du desmodonte, entraînant des pertes d'ancrage.

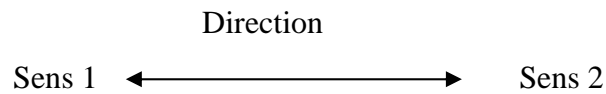
- Sa direction :

Une force peut s'appliquer tant dans une direction horizontale, produisant ainsi des mouvements dentaires tels qu'une version coronaire, radulaire ou une translation ; que dans une direction verticale produisant alors des égressions/ ingressions.

On peut également avoir des rotations.

- **Son sens :**

Pour une même direction la force peut avoir deux sens opposés.



- **Son point d'application :**

Comme le dit Melsen (56) : «il s'agit de distribuer dans le ligament la pression apte à susciter l'exacte réaction tissulaire nécessaire au déplacement de la dent. »

Le point d'application conditionne le déplacement de la dent, plus on s'éloigne du centre de résistance de la dent par exemple, plus la tendance rotative augmente. (50)

- **Son rythme :**

Il existe trois types de forces : (6)

- Forces continues : on a alors un système orthodontique dont la force décroît progressivement.

Ces forces sont utilisées par exemple dans la technique de Ricketts. Elles peuvent avoir des effets néfastes si elles sont d'intensité trop importante, car leur continuité ne permet pas alors la réorganisation tissulaire.

Ex : arc Niti à mémoire de forme.

- Forces discontinues : Dès que la dent commence à se mobiliser la force diminue très rapidement. Ce principe est utilisé dans la technique Edgewise classique. On a alors des périodes de réparation possible.

- Forces intermittentes : On a un mécanisme actif qui alterne avec des périodes de repos. Le phénomène de hyalinisation est plus faible malgré des intensités très importantes.

Ex : Force extra-orale, appareil mobile

b- Analyse des différentes forces et des différents mouvements

Les forces peuvent être classées en deux grandes catégories :

- Les forces simples appliquées sur la couronne de la dent entraînant un déplacement en rotation ou en translation.

Tous les dispositifs actifs des appareils amovibles tels que des vérins, des ressorts ou des poussoirs produisent ce genre de forces ;

En effet pour chaque dent il existe un centre de rotation appelé hypomochlion. Il peut être caractérisé comme étant le point autour duquel tourne un corps soumis à un système de forces.

Ce point est situé plus ou moins apicalement par rapport au centre de résistance, en fonction du point d'application de la force.

A la différence du centre de résistance, le centre de rotation peut se placer à n'importe quel endroit tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de la dent. Le mouvement de la dent peut être défini dans tous les plans de l'espace grâce à la position du centre de rotation.

- Les couples de forces : un couple se compose de deux vecteurs de force de même intensité, parallèles, de sens opposé, et de point d'application différent.

Ces couples créés permettent d'annuler un effet de rotation.

L'orthodontiste réalise en pratique ce système à l'aide de deux ressorts, ou deux élastiques par exemple.

Le moment d'un couple est égal au produit du module de l'une des composantes par la distance qui les sépare. C'est un vecteur libre.

- Il existe également des systèmes qui permettent d'associer un couple à une force simple.

Selon les forces appliquées en orthodontie les mouvements des dents considérées seront différents, en voici une liste non exhaustive :

(50)

- mouvements vestibulo-linguaux

C'est un mouvement parallèle à l'axe de la dent obtenu par l'action d'une force et d'un moment.

Ils doivent être impérativement contrôlés avec une grande vigilance car les risques augmentent avec l'âge du patient lorsqu'il existe une faible hauteur de gencive attachée.

- mouvements de version

Cela correspond à un mouvement coronaire autour du voisinage de l'apex. La dent se déplace du côté opposé à la force.

- mouvements de rotation

Il existe deux types de mouvement de rotation, soit une rotation axiale (autour de son axe) soit une rotation marginale (autour d'un axe excentré).

- mouvements d'égression

L'égression correspond à un mouvement vertical qui vise à sortir la dent de son alvéole.

- mouvements d'ingression

L'ingression correspond à un mouvement vertical qui tend à enfoncer la dent dans son alvéole.

c- Paramètres d'influence sur un mouvement orthodontique

Les thérapeutiques orthodontiques entraînent différents mouvements dentaires qui peuvent être influencés par différents paramètres. (6)

Il faut bien préciser qu'aucune thérapeutique n'est possible sans un diagnostic complet préalable.

L'établissement du diagnostic doit aller jusqu'au fond de la pathogénie, il faut s'attaquer aux causes pour traiter les effets.

Selon Izard G : « A l'époque déjà lointaine, où l'on se contentait de traiter, et par des moyens de fortune, les malpositions des incisives, il n'était pas nécessaire d'étudier longuement le cas à traiter. A mesure que progressa l'orthodontie, le diagnostic dut se préciser davantage...son importance est capitale ; il est bien évident que, sans un diagnostic complet et précis, il ne saurait exister de bonne thérapeutique. » (45)

Cependant certains facteurs biologiques intrinsèques semblent modifier les prévisions d'un déplacement :

- D'ordre général

- L'âge : Chez l'adulte, l'emploi de forces très légères et continues (28) ou très légères et interrompues (concept de Petrovic et de Lindhe) est de rigueur pour éviter le phénomène de hyalinisation et la bascule des dents. La réponse à un traitement orthodontique chez l'adulte est très lente, surtout au début du traitement et surtout si la surface pressée est réduite. En effet, un repos tissulaire est observé chez l'adulte résultant d'une raréfaction cellulaire, avec une diminution de la vascularisation et un turn-over réduit ; d'où la réponse plus lente des tissus aux forces orthodontiques employées.
- Des facteurs nutritionnels : Le traitement orthodontique peut poser un certain nombre de problèmes chez les sujets carencés en vitamines, en calcium, en protéines. La notion d'équilibre alimentaire est essentielle afin de permettre une optimisation des mouvements dentaires.
- Des facteurs endocriniens : L'hypophyse, la thyroïde et les glandes sexuelles sécrètent des hormones qui agissent sur le métabolisme osseux. Toute pathologie de ces glandes entraînera des répercussions sur la physiologie osseuse.

- D'ordre local

- La dent elle-même : La taille de la dent modifie le mouvement dentaire. La morphologie de la dent a également une influence, car elle détermine la résistance par unité de surface. Il est évident qu'une même force appliquée sur une incisive maxillaire ou sur une molaire mandibulaire n'aura pas les mêmes répercussions.

L'appréciation au préalable du nombre de racines, de leur taille, leur longueur, leur courbure influencera le choix de la thérapeutique.

- Le desmodonte : L'augmentation de l'âge dentaire entraîne inévitablement une diminution de la largeur du ligament alvéolo-dentaire ; en rapport avec le phénomène d'apposition cémentaire.

En vieillissant, le desmodonte va voir sa structure devenir plus irrégulière avec un renouvellement des fibres plus difficile et plus lent. Cette modification desmodontale va

entraîner une mobilité plus importante pendant le traitement donc un temps de contention après traitement plus important.

Par ailleurs, il existe des variations individuelles de viscoélasticité du ligament qui peuvent provoquer des mouvements différents d'une personne à l'autre.

- L'os alvéolaire : La hauteur de l'os alvéolaire, le turn-over, la densité, sont des paramètres individuels qui influencent grandement le déplacement dentaire induit par les forces orthodontiques.

- Site maxillaire ou mandibulaire : L'os maxillaire et la mandibule sont deux os qui réagissent de façon complètement différente.

La mandibule est un os long, mobile. Elle est vascularisée par une artère et une veine centrales, ayant une corticale épaisse. Le maxillaire est quant à lui un os court, à la corticale très fine partout, n'ayant pas de vascularisation centrale mais périphérique d'origine nasale.

Il sera donc plus difficile de déplacer les dents mandibulaires que maxillaires.

Les rapports d'occlusion peuvent modifier l'intensité des forces appliquées et ainsi influencer des mouvements secondaires ou des résorptions radiculaires non souhaités.

(50)

d- Éléments appréciés pour déterminer l'évolution d'un équilibre

L'équilibre est la résultante des forces complexes qui s'appliquent sur chaque dent.

Cet équilibre peut être bon ou mauvais selon que la dent est en place sur l'arcade ou en malposition.

L'orthodontiste ne doit jamais perdre de vue que de nombreux paramètres influent sur l'équilibre du système dentaire :

- Les pressions internes des dents en évolution intra-maxillaire
- Les pressions externes des dents entre elles dues au point de contact
- Les pressions externes dues aux forces concentriques des muscles de la mimique et des lèvres.
- Les forces excentriques dues à la pression de la langue.
- Les forces occlusales ; étudier les rapports inter-maxillaires, car une dent en malposition peut rapidement devenir instable et traumatogène.

- Le rôle compensateur du condyle mandibulaire dû à l'évolution verticale des procès alvéolaires et des dents.

I.1.3 - La thérapeutique orthodontique

a- Définition de l'ODF

L'orthopédie dento-faciale est une discipline de l'art dentaire qui consiste à :

- Etudier le développement des différentes structures du massif maxillo-facial et des dents.
- Analyser les anomalies de ce développement
- Corriger ces anomalies.

Cette discipline a plusieurs objectifs tant fonctionnels qu'esthétiques.

Comme le remarquent justement Lejoyeux et Flageul :

« A la recherche de l'harmonie dento-faciale, les chemins que l'on peut emprunter sont divers et ils ont de quoi satisfaire les ambitions légitimes des praticiens qui se lancent un jour dans l'aventure. » (52)

b- Anomalies de l'ODF

L'anomalie en ODF peut être définie comme une irrégularité par rapport à une norme ou comme un facteur risquant de provoquer des conséquences néfastes sur les dents, le parodonte et l'articulation temporo-mandibulaire.

Cela peut avoir une conséquence tant esthétique que fonctionnelle.

En effet, il y a des anomalies morphologiques :

- Dysharmonie dento-maxillaire (DDM)

C'est une anomalie d'origine phylogénétique qui correspond à une disproportion entre les dimensions du système dentaire et du squelette sur lequel il s'insère. Des facteurs fonctionnels interviennent également dans l'apparition d'une DDM.

- Anomalies des structures osseuses par une augmentation ou une diminution de volume d'un maxillaire par rapport à l'autre dans les trois dimensions de l'espace.
- Anomalies des relations d'arcades (classification d'Angle)
- Anomalies dentaires
- Anomalies des relations entre le maxillaire et la base du crâne
- Anomalie des tissus mous

Il existe également des anomalies de type fonctionnel :

- Anomalies d'une fonction oro-faciale telle que la déglutition atypique, l'interposition linguale, la malposition linguale au repos, une ventilation anormale, un problème de phonation.
- Anomalies cinétiques des relations inter arcades. (6)

c- Objectifs d'un traitement ODF

Il est important pour l'orthodontiste, quels que soient les objectifs, de ne pas uniformiser, en imposant à chaque personne le même traitement, mais bien de différencier chaque individu et de trouver l'optimum de chacun. (68)

- Occlusion fonctionnelle :

On cherchera à obtenir une occlusion fonctionnelle respectant et assurant au maximum les différentes fonctions de l'appareil manducateur.

- Articulation temporo-mandibulaire :

Toute thérapeutique doit avoir à l'esprit le fait qu'il faille pérenniser la bonne santé de l'articulation temporo-mandibulaire, soit en éliminant tout traumatisme susceptible de nuire à l'articulation soit en évitant d'en créer.

- Esthétique : (55)

L'orthodontiste doit pouvoir apprécier les proportions du visage de face et de profil, le sourire, la forme des dents.

- Les malpositions intra arcade

Les malpositions esthétiques concernent en premier lieu les dents dites « du sourire », en particulier incisives, canines supérieures ; dont souvent la cause résulte d'une dysharmonie dento-maxillaire dont le degré d'importance nous indiquera le protocole thérapeutique.

- Les malpositions inter arcade

C'est le cas des « open bite » ou béances incisives ; le facteur étiologique est alors capital à déterminer et à résoudre.

On y trouve également les supraclusions incisives sévères ou « deep bite » et les surplombs très sévères.

La thérapeutique orthodontique est individualisée à chaque patient en tenant compte de la multiplicité des différentes étiologies et des grandes variétés de réponse.

- Stabilité :

L'objectif d'un traitement vise aussi à assurer la pérennité des résultats, en évitant toute récurrence à court et à long terme.

Afin d'assurer une grande stabilité, il convient de procéder à un bilan diagnostique rigoureux, d'établir un plan de traitement tenant compte des différents paramètres esthétiques et fonctionnels, des para-fonctions et anomalies physiologiques.

- Objectifs fonctionnels :

L'orthodontie peut simplifier la phase prothétique en plaçant une dent dans une position adéquate, en corrigeant des anomalies d'occlusion, en parallélisant des piliers de bridge entre eux, respectant ainsi les critères de rétention prothétique et de conservation de la vitalité pulpaire lors de préparation périphérique de moignons.

- Amélioration du parodonte :

De nombreuses études montrent que les malpositions dentaires et les dysmorphies peuvent créer un environnement parodontal défavorable.

L'orthodontie peut prévenir ou corriger les traumatismes des incisives inférieures avec la muqueuse palatine ; elle peut contrôler les récessions, permettre un meilleur contrôle de plaque, supprimer des troubles occlusaux et donc améliorer la fonction.

Les différents objectifs de la thérapeutique orthodontique sont donc nombreux et variés ; il convient alors de réaliser un plan de traitement précis qui puisse mettre en relation différentes disciplines.

Améliorer la beauté, la fonction et la santé sont les principaux objectifs de l'orthodontie, modifier le squelette osseux ou la position des dents n'est qu'un moyen pour atteindre ce but.

d- Paramètres biologiques pris en compte lors d'un traitement orthodontique (68)

L'orthodontie varie énormément son approche tant au niveau du diagnostic qu'au niveau de sa thérapeutique selon l'âge du sujet. Trois grandes phases sont à distinguer:

- L'enfant
- L'adolescent
- L'adulte

Au niveau de la morphologie, on constate de grandes différences selon l'âge du patient.

Chez l'enfant, l'orthodontiste sera très souvent confronté à une arcade avec des dents temporaires ou mixtes tandis que l'adulte présentera le plus couramment des dents altérées (abrasions, ou reconstitutions coronaires) voir manquantes parfois.

Nous pouvons également nous intéresser aux modifications physiologiques selon l'âge du patient. Chez l'enfant, deux facteurs très importants sont à prendre en compte : la croissance et la fonction.

Chez l'adolescent, la croissance n'est certes pas achevée mais elle semble déterminée ; contrairement à l'adulte où la croissance faciale n'existe plus, où le turn-over cellulaire est diminué et chez qui les dents se déplaceront beaucoup plus lentement.

Par ailleurs, le traitement orthodontique, selon l'âge du patient, peut être influencé par un facteur non négligeable : le psychisme.

Celui de l'enfant est généralement bon et favorable pour un traitement.

De nombreux articles montrent que l'adolescent est souvent dans une période de transition où une attitude de non collaboration, de rejet, peut apparaître. (68)

Par contre, le psychisme de l'adulte, variable d'une personne à l'autre, sera à évaluer lors des premières consultations.

Il y a une forte demande esthétique car le visage est vecteur de communication pendant la durée du traitement et les inconvénients esthétiques des appareils peuvent parfois être vécus comme une humiliation d'où un rejet plus ou moins conscient des thérapeutiques orthodontiques.

L'esthétique et la personnalité sont indissociables, d'où l'importance de connaître dès la première consultation le motif de la visite clairement énoncé par le patient. La coopération du patient peut être évaluée selon de multiples paramètres tels que la démarche, la posture, les antécédents familiaux, le niveau social. (52)

Différentes approches sont possibles selon l'âge du patient.

Chez l'adulte, les dents devront être déplacées le moins possible car la physiologie parodontale est défavorable ; une approche pluridisciplinaire est très fréquente entre parodontologie, chirurgie, dentisterie restauratrice et prothèse.

Il faudra utiliser des forces légères, des dispositifs peu encombrants et si possible esthétiques.

L'orthodontie de l'adulte est souvent qualifiée de « compromis », mais pas au sens péjoratif du terme, il s'agit de trouver un accord sur les objectifs de traitement selon la motivation du patient.

I.2- L'ancrage en ODF

I.2.1 – Généralités

a- Définition

L'ancrage est désigné comme « l'action d'attacher à un point fixe ».

L'ancrage est le point d'appui, le point de fixation de la force. (51)

La société française d'orthopédie dentofaciale considère l'ancrage comme un élément stable ou fixe pouvant servir de point d'appui lors de l'application d'un système de forces.

Cette définition permet de réunir les unités dentaires d'ancrage et les dispositifs intra-oraux et extra-oraux renforçant l'ancrage. C'est la résistance stable du trinôme de De Nevrezé. (50)

Ainsi pour qu'une dent ou un groupe de dents ou une arcade servent d'ancrage, ce qui signifie de point d'appui, la pression appliquée à l'os par l'intermédiaire de leurs racines devra être inférieure au seuil de multiplication ostéoclasique. Cela se traduit par la formule ci-dessous :

$$RS > FM > RM$$

Si l'ancrage est suffisant, le corps libre se déplace en direction de l'ancrage, le solide reste stable.

b- Historique

Définir une force optimale nécessaire au déplacement dentaire souhaité chez un individu est très difficile en pratique ; de nombreux paramètres entrent en jeu et font varier les résultats.

Quelques auteurs se sont intéressés au seuil d'activation ostéoclasique:(50)

- Schwartz (71)

Il observe une force de vingt grammes pour déplacer une dent mono-radiculée.

- Storey et Smith (77)

S'intéressent à la rétraction canine et nous montrent qu'une force de 150 à 200 grammes est optimale ; Au-delà, de 300 à 500 grammes la force mobilise l'unité postérieure, la canine servant d'ancrage.

- Hixon (42)

S'intéresse quant à lui au déplacement rapide d'une dent et situe la force optimale entre 3 et 4 grammes/mm².

- Jarabak et Fizell (46)

Ont déterminé des valeurs guides dont l'importance est en rapport avec la qualité de l'ancrage de la dent considérée.

- D.C. Freemann (29)

Mesure une moyenne de la surface radiculaire de chaque dent en mm².

De même que Jarabak, il détermine que pour une même force, plus la surface radiculaire est grande, moins la pression est importante et plus la valeur d'ancrage de la dent considérée est importante.

Quel que soit le type d'appareillage fixe utilisé, l'ancrage constitue un problème potentiel. (57)

Une approche a consisté à déplacer une ou plusieurs dents vers un groupe d'ancrage plus important, tout en supposant que les forces nécessaires au déplacement de quelques dents soient inférieures au seuil de celles susceptibles de mobiliser l'unité d'ancrage.

Weinstein et al. ont montré en 1963 qu'une force de 4 grammes suffisait à déplacer une dent.

Cette insuffisance d'ancrage dentaire nous a mené dans les années soixante à développer les ancrages extra-buccaux, toujours très utilisés de nos jours.(44)

En parallèle à cette notion de surface radiculaire est apparue la notion de forces différentielles. P.R. Begg applique ce principe par la technique de l'arc léger depuis 1938.

Il existe également le dispositif de Herbst dans différentes versions.

Cependant, cette technique n'a pas résolu les problèmes d'ancrage intra-arcade ; d'où la mise en place de l'utilisation de forces différenciées par Burstone. (14)

Les implants ostéointégrés ont ensuite vu le jour récemment pour remédier au support dentaire postérieur parfois insuffisant. (24)

c- Principes d'ancrage

Pour appréhender la notion d'ancrage, il convient de faire un bref rappel sur Newton qui en 1686 présenta les lois fondamentales de la mécanique et leurs applications sur le corps humain. (5)

Il a décrit trois lois comme suit :

- **Première loi** : Principe de l'inertie

Lorsqu'un solide est isolé ou pseudo-isolé, son centre d'inertie G est :

- Soit au repos, G est initialement immobile
- Soit animé d'un mouvement rectiligne uniforme

- **Deuxième loi** :

La somme des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide (m) par l'accélération (Ag) de son centre d'inertie :

Newton → $F = m \cdot Ag$ ← en m.s⁽⁻²⁾

Kilogramme

- **Troisième loi** :

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une action mécanique représentée par une force F(A/B), le corps B exerce sur A une action mécanique représentée par une force F (B/A) ; ces deux forces ont même direction, même norme mais sont de sens contraire.

$$F_{A/B} = - F_{B/A}$$

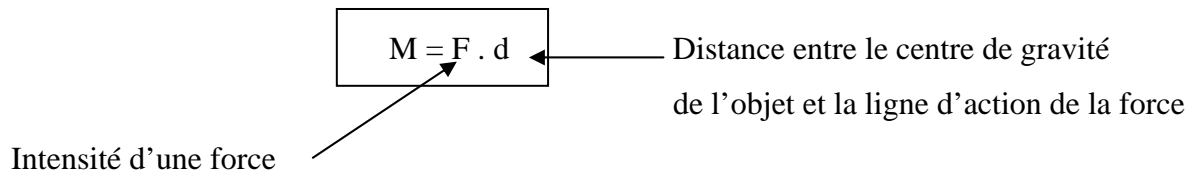
En résumé, toute action crée une réaction.

La distribution d'une force est très importante ; l'orthodontie n'échappe pas aux règles physiques.

L'application d'une force sur la couronne d'une dent provoque l'apparition d'un « moment » de rotation.

Ce moment est d'autant plus grand que la distance entre le centre de résistance de la dent et le point d'application de la force est importante.

Plus le moment est grand, plus la rotation de l'objet est facile.



Une nouvelle notion apparaît: le centre de résistance.

C'est un point virtuel de la dent tel que l'application d'une force en ce point provoquerait un déplacement de la dent en gression pure.

Selon Burstone, le centre de résistance se trouve placé près du grand axe de la racine, entre la crête alvéolaire et l'apex, à environ 40% de cette distance à partir de la crête osseuse.

Un cliché rétro-alvéolaire « long cône » permettra de le déterminer. Le centre de résistance est à distinguer du centre de gravité. (15)

Les forces orthodontiques sont toujours à distance du centre de résistance.

Quand un corps se déplace, les forces motrices l'emportent sur les forces résistantes.

D'après l'étude mécanique de De Nevrezé et de Beauregardt, on peut définir les forces résistantes de deux ordres : (23)

- Résistance stable : elle s'exerce au point d'ancrage de la force. C'est une structure d'appui qui permet le mouvement de la résistance mobile ; elle représente l'ancrage orthodontique (dents, groupe de dents, crâne...)

- Résistance mobile ou labile : elle se trouve au point d'application de la force. Elle se compose d'une dent, d'un groupe de dents ou d'une arcade.

C'est la valeur réciproque des résistances qui commande le déplacement d'après le trinôme de De Nevrezé ; la force motrice permet le déplacement de la résistance mobile.

Elle est créée par un arc ou un auxiliaire intra ou extra oral. (50)

Trois cas sont possibles :

- **RS (Résistance stable) = RM (Résistance mobile)**

Si FM (Force Motrice) < RS + RM	Pas de déplacement
Si FM > RS+ RM	Déplacement égal et symétrique

- **RS > RM**

Si RS > RM > FM	Pas de déplacement
Si FM > RS > RM	Déplacement double et inégal
	RM se déplace plus que RS
Si RM < FM < RS	Déplacement désiré

- **RS < RM**

Si FM < RM > RS	Pas de déplacement
Si FM > RS < RM	La dent d'ancrage se déplace
Si FM > RM > RS	Perte d'ancrage

d- Classification

- Ancrage Naturel = Ancrage passif

Il est constitué par la dent elle-même.

La gestion de l'ancrage dans la thérapeutique orthodontique est très importante pour atteindre les objectifs fixés.

La notion de groupes d'ancrage traditionnels répond au principe selon lequel les forces nécessaires au déplacement de quelques dents doivent être inférieures à la somme des forces nécessaires pour déplacer l'unité d'ancrage.

L'ancrage naturel correspond à la résistance naturelle au déplacement qu'offre la dent ancrée dans l'os alvéolaire par l'intermédiaire du ligament. (52)

Cela dépend de l'environnement :

- Osseux
- Musculaire
- Dentaire
- Occlusal
- Et également de la croissance résiduelle

En effet, la densité osseuse joue un rôle très important dans les variations de résistance aux mouvements.

L'os cortical est peu vascularisé, à l'inverse de l'os spongieux, donc plus dense donc moins favorable aux remaniements tissulaires. (52)

De même que la hauteur de l'os alvéolaire et sa qualité font fortement varier les résistances au mouvement ; par exemple chez l'adulte aux nombreuses parodontopathies l'ancrage naturel est minime.

R.M. Ricketts (50) a montré qu'il existe une zone idéale pour ancrer les molaires mandibulaires ; celle-ci est représentée par la région de la ligne oblique externe.

Il préconise de placer les racines de ces dents dans cette zone de résistance.

L'environnement musculaire a également un rôle déterminant dans l'ancrage passif, en rapport avec la typologie faciale. (52)

Chez un hypodivergent (ou brachyfacial), les muscles masticateurs élévateurs sont hypertoniques constituant une véritable opposition au déplacement dentaire.

Chez un hyperdivergent (ou dolichofacial) la musculature élévatrice très hypotonique est incapable de résister aux mouvements dentaires. (52)

Toute parafonction, telle que la ventilation orale, la déglutition atypique, diminue de manière considérable l'ancrage passif.

De nombreux paramètres dentaires doivent être considérés pour tenir compte de l'ancrage passif :

- La surface radiculaire en mm² de la dent

La valeur d'ancrage d'une dent pluriradiculée est supérieure à celle d'une monoradiculée, selon les principes de Jarabak et Freeman. (46, 29)

- Le nombre de dents

Pour augmenter l'ancrage, il convient de solidariser le maximum de dents.

« Le fait de solidariser par exemple, plusieurs dents par un sectionnel rigide, permet d'obtenir une meilleure résistance parodontale de l'unité passive et de diminuer les effets parasites indésirables au niveau des dents directement en contact aux points d'application de la force ».
(13)

- Le rapport couronne/racine

En effet, l'ancrage augmente quand ce rapport diminue.

- L'inclinaison de la dent

Par exemple, une molaire disto-versée par tip-back présente une meilleure résistance à la traction.(Concept du piquet de tente de Tweed, 1951).

Une intercuspitation équilibrée joue un rôle de verrou et permet une résistance à tout déplacement.

L'ancrage naturel est donc difficile à maîtriser du fait de sa variabilité ; c'est pourquoi les thérapeutiques orthodontiques font appel à l'ancrage actif pour des mouvements nécessitant un ancrage important. Quinn et Yoshikawa ont ainsi démontré en 1985 qu'un ancrage additionnel est souvent requis. (69).

- Ancrage Actif = Ancrage thérapeutique

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

Cet ancrage actif repose sur la notion de réciprocité des éléments dentaires.

L'ancrage actif regroupe deux grands types de dispositifs :

- l'ancrage intra-oral (les arcs palatins et linguaux ; les arcs avec leur courbure anti-version, anti-rotation ; les butées ou stops sur les arcs, les ligatures de plusieurs dents pour cumuler leur valeur d'ancrage ; les élastiques)

- l'ancrage extra-oral (les forces extra-buccales)

Les principes mécaniques de ces différentes techniques permettant les mouvements dentaires sans perte d'ancrage seront décrits ultérieurement.

Ainsi, le praticien cherchera à répondre aux lois biomécaniques orthodontiques :

- en intégrant dans son unité d'ancrage le plus grand nombre de dents possible
- en plaçant les dents d'ancrage dans une position telle qu'elles résistent à la force qui tend à les déplacer
- en utilisant des forces extra-orales .

e- Cas particulier : la dent ankylosée :

Il convient également de parler de la dent ankylosée qui peut être considérée comme un implant naturel et être utilisée comme un ancrage orthodontique.

Thurow décrit l'ankylose comme une union et un contact direct entre l'os et la dent. (81)

En effet, Mitchell en 1975 n'arrive pas à mobiliser des dents ankylosées soumises à des forces de 600 grammes pendant environ quatre mois. (59)

Cependant, la dent ankylosée peut, dans certaines circonstances devenir une alliée thérapeutique.

Ainsi il est possible de provoquer l'ankylose d'une dent temporaire afin de l'utiliser comme ancrage orthodontique ; par la technique du traitement endodontique de la dent temporaire et du curetage de la surface radiculaire suivis de sa réimplantation dans le site d'extraction puis maintenue par une attelle. (73)

Dans les années 80, les travaux de Guyman et Kokich sur des dents de singes soumises à des forces de 500 à 1000 grammes pendant quinze semaines ont montré qu'aucun mouvement durant l'application de ces forces ne s'était produit. (38)

Un début de résorption radiculaire serait apparu au bout de huit semaines.

L'utilisation des dents temporaires ankylosées comme ancrage orthodontique reste donc limitée à cause des risques de résorption radiculaire et d'exfoliation assez importants.

I.2.2- Les appareils

a- Définition

Les appareillages orthodontiques comprennent essentiellement une ou plusieurs forces motrices.

Ils prennent appui soit sur les maxillaires, soit sur les dents soit hors de la bouche.

b- Appareil extra-oral

- Description

Ce type d'appareil prend appui par un casque ou par une bande :

- soit sur le crâne
- soit sur la nuque.

Sur ce casque ou cette bande de nuque, des crochets sont fixés et reçoivent la force motrice constituée par des anneaux de caoutchouc.

Le dispositif comprend un arc facial vrai composé d'un arc interne et d'un arc externe et également des bagues molaires sur lesquelles un tube est soudé, celui-ci reçoit l'arc facial.

- But

Les forces extra-orales constituent un moyen d'ancrage efficace car elles délivrent des forces qui sont maîtrisables tant en intensité qu'en direction.

Les zones d'appui péri-craniennes sont osseuses et sont en théorie indéformables par les forces orthodontiques, elles représentent donc la résistance stable. Le contrôle de l'ancrage est ici maximum. Cela permet un recul des molaires de six ans supérieures, ou de les maintenir dans leur position initiale.

Il existe aussi des forces extra-orales à traction postéro antérieure. On y trouve le masque de Delaire, de Petit et Château où l'appui extra-oral est double : frontal et mentonnier.

Ils sont destinés à réduire la brachygnathie ou rétrognathie maxillaire.

c- L'ancrage intra-oral :

- *Technique de Ricketts*

Dans une interview accordée au « Journal of Clinical Orthodontics » de juillet 1970, Ricketts nous livre son concept sur l'ancrage.

La méthode bioprogressive de Ricketts prend en compte dix principes diagnostiques et thérapeutiques. L'originalité de l'ancrage selon Ricketts, c'est l'obtention d'un ancrage par la musculature et l'os cortical. Une musculature active peut agir selon lui dans les trois plans de l'espace. Les racines des molaires sont placées contre l'os cortical par torque radiculo-vestibulaire et expansion sur arc de base afin de freiner leur déplacement. (6)

Les études de Chabre montrent que cela peut entraîner des fenestrations et résorptions radiculaires si les mouvements sont mal contrôlés.

On utilise un arc de base dans la technique de Ricketts afin de pallier aux effets secondaires et mouvements parasites des tractions inter-maxillaires. (27)

Cet arc de base est un dispositif particulièrement efficace pour le traitement des supraclusions car il est ajusté au niveau des quatre incisives et sur les premières molaires avec un décrochement vertical au niveau canin et prémolaire.

- *Technique de Tweed (18)*

La technique de Tweed utilise le principe de la préparation d'ancrage selon trois degrés différents, en fonction du diagnostic, des objectifs, et du plan de traitement.

- Premier degré d'ancrage de Tweed

$$0^\circ < \text{NAB} < 4^\circ$$

Bonne esthétique faciale

DDM de -10 à -14mm

L'orthodontiste fera une préparation d'ancrage dans ce cas en redressant l'axe de la dernière molaire et en maintenant le mouvement de version corono-distale.

- Deuxième degré d'ancrage de Tweed

$$5^\circ > \text{NAB} > 4^\circ$$

Mauvaise esthétique faciale

L'angle formé entre l'axe de la molaire et l'axe de la traction inter-maxillaire de classe II doit alors être supérieure à 90°.

- Troisième degré d'ancrage de Tweed :

NAB > 5°

DDM entre -14 et -20mm

L'orthodontiste réalisera alors une disto-version sévère de toutes les dents de l'arcade mandibulaire avec un enfouissement du pan distal de la molaire terminale sous le rebord gingival.

Tweed utilise donc des mouvements de disto-version appelés « tip-back bends » d'intensité variable selon l'ancrage désiré.

- *Technique de Begg*

Selon Begg, il n'y a pas de préparation d'ancrage mais un contrôle permanent tout au long du traitement en fonction des différents objectifs. Le contrôle de l'ancrage s'effectue par le contrôle des forces différentielles. Le principe réside dans le fait que le déplacement optimal d'une dent peut être obtenu par une force proportionnelle à la surface radiculaire ; c'est le principe d'utilisation des forces légères, continues, différentielles et optimales pour créer des mouvements de version puis redressement.

Begg admet que :

- seul le mouvement mésial est physiologique
- le mouvement de distalisation est non physiologique, il refuse donc toute distalisation thérapeutique.

- *Technique de Burstone (27)*

Trois types d'ancrage sont définis selon Burstone :

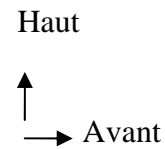
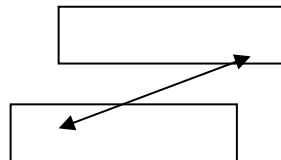
- Groupe A : les molaires mandibulaires ne doivent pas du tout avancer.
- Groupe B : les molaires mandibulaires avancent et les incisives reculent.
- Groupe C : les molaires mandibulaires avancent et les incisives ne doivent pas bouger.

Burstone va créer en solidarissant les dents postérieures un ancrage, permettant ainsi de renforcer la valeur de l'ancrage de chaque dent ; en préparant les secteurs postérieurs par tip-back, c'est-à-dire en procédant à une disto-version molaire et en faisant une rotation des molaires à l'aide d'un arc transpalatin.

- *Les élastiques inter-maxillaires de classe II et III*

Les forces inter-maxillaires sont constituées d'élastiques accrochés en vestibulaire à la fois au maxillaire et à la mandibule, reliant ainsi les arcades par l'intermédiaire d'arcs rigides.

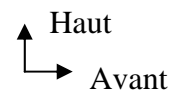
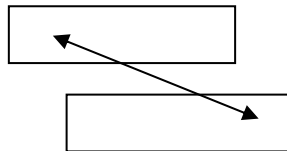
Elastiques de classe II



Les élastiques de classe II sont utilisés dans les malocclusions de classe II d'Angle, reliant les molaires mandibulaires aux canines supérieures.

Selon le principe d'ancrage différentiel, c'est l'arcade mandibulaire qui sert d'ancrage pour mobiliser l'arcade maxillaire.

Elastiques de classe III



Les élastiques de classe III relient les molaires maxillaires aux canines inférieures et sont utilisés dans les malocclusions de classe III d'Angle.

- *L'implant*

Ce système d'ancrage sera développé ultérieurement.

- *L'arc lingual*

C'est un arc soudé à des bagues scellées sur les molaires définitives inférieures. Il peut remplir plusieurs rôles tels que : maintenir d'espace, contention, maintien de l'ancrage molaire.

- *L'arc de Nance (ou le Nance Holding Arc)*

C'est un arc bibague comportant une courbure en S noyé dans une pastille de résine appliquée dans le creux de la voûte palatine ; ayant ainsi pour objectif de maintenir les premières molaires supérieures comme ancrage. Ceci peut être renforcé par l'adjonction de forces extra-orales.

- *L'arc transpalatin de Goshgarian*

Cet arc est fixé aux molaires et suit la voûte palatine dans le plan vertical permettant ainsi d'augmenter l'ancrage des molaires supérieures et pouvant également créer une expansion transversale par activation.

- *Le lip bumper (ou pare-choc vestibulo-labial)*

Cet appareillage est mis en place afin de supprimer l'action de l'orbiculaire des lèvres sur les incisives ; ayant alors pour conséquence une version vestibulaire des incisives. Par ailleurs, la contraction des muscles va exercer une pression sur la partie antérieure du lip-bumper qui va se transmettre aux dents d'ancrage postérieures, provoquant ainsi leur déplacement distal.

Le lip-bumper permet également de renforcer l'ancrage des molaires inférieures quand on a en plus la présence de forces inter-maxillaires de classe II. Le lip-bumper inférieur amovible nécessite toutes fois la coopération de l'enfant.

- *Le Quad-helix*

Ce système se place à l'arcade maxillaire ; c'est un appareil fixe ou amovible relié à deux bagues molaires. Ce dispositif comporte une spire à chaque angle.

Le système, une fois activé, permet une augmentation de la distance inter-dentaire donc une expansion en développant une rotation distale des molaires et en les stabilisant.

Il existe aussi le bi-hélix, variante mandibulaire du quad-hélix. Il est indiqué pour les préparations d'ancrage ou comme moyen d'ancrage dans la technique de Ricketts.

d- Renforcement de l'ancrage

Pour en garantir le succès, l'ancrage a souvent besoin d'être renforcé par différentes techniques.

Il peut être meilleur si le nombre de dents d'ancrage solidarisées par des ligatures métalliques en 8 est augmenté. (50)

La technique Edgewise utilise quant à elle les courbures d'arcs.

Tout d'abord, dans cette technique, il est considéré que pour augmenter la résistance de l'unité d'ancrage, il faut baguer le plus de dents possibles sur l'arcade.

C'est un dispositif à ancrage réciproque ; toutes les dents sont solidaires les unes des autres ; ainsi on peut contrôler les différents mouvements dans les trois dimensions de l'espace.

Les courbures sont de trois ordres :

- Déformation de premier ordre : le toe-in ou courbure de rotation disto-linguale du segment molaire. Ceci a pour but de s'opposer à la traction mésiale que supporte généralement la face vestibulaire de la molaire.

- Déformation de second ordre : le tip-back

Le tip-back s'obtient par une version corono-distale d'une dent permettant ainsi de s'opposer à une perte d'ancrage lors du recul du groupe antérieur.

- Déformation de troisième ordre : le torque

Dans ce cas il se produit un mouvement de version linguale ou vestibulaire de l'apex d'une dent par une force obtenue à partir de la torsion d'un arc qui tend à reprendre sa forme de départ. Ceci permet de placer les racines dans la corticale externe par un mouvement radiculo-vestibulaire et ainsi d'augmenter l'ancrage.

I.2.3- La perte d'ancrage

a- Limites de l'ancrage orthodontique

Tous les dispositifs utilisés par les orthodontistes prennent appui sur des structures et obéissent à la loi d'action-réaction ; ces structures vont devoir résister au déplacement induit par la réaction.

L'une des plus grandes difficultés de l'orthodontiste est la maîtrise totale de l'ancrage ; en effet il existe des mouvements inhérents aux systèmes de forces dont certains sont favorables et d'autres néfastes.

Il n'est pas toujours possible de constituer une unité d'ancrage assez importante à cause des pertes dentaires dues à des agénésies ou à des extractions.

L'ancrage orthodontique paraît également peu indiqué lorsque les dents destinées à l'ancrage présentent une quantité de tissu de soutien parodontal insuffisante après traitement parodontal ou lorsque les corticales sont fines.

Si tout se passe bien, la dent va se déplacer avec son parodonte mais plus la gencive est fine moins elle est vascularisée et donc plus son irrigation sera compromise constituant alors une situation à risque.

Par ailleurs, l'orthodontiste bague souvent des arcades entières et fait porter des forces extra-orales, ces dernières étant fréquemment mal acceptées par le patient pour une raison esthétique et sociale.

Les forces extra-orales réclament une grande coopération des patients constituant alors un paramètre non contrôlable quant au résultat final car le port du casque est une contrainte (douze à quatorze heures de port par jour). De nombreux patients n'acceptent pas bien l'utilisation de forces extra-orales, d'élastiques ou d'écran labial.

Les mouvements orthopédiques cherchent à déplacer les maxillaires par des forces appliquées sur les dents or le mouvement de ces dents est souvent indésirable car il minimise la quantité de correction des bases maxillaires en rétablissant prématurément des rapports occlusaux fonctionnels d'où la nécessité d'un ancrage important et bien contrôlé.

La maîtrise de l'ancrage nécessite également une excellente coopération du patient et une grande régularité dans les rendez-vous.

Ces différentes limites ont amené progressivement l'orthodontie à bénéficier des progrès et des possibilités de l'implantologie.

b- Conséquences d'une perte d'ancrage

Une perte d'ancrage va induire des mouvements parasites pouvant entraver les résultats de la thérapeutique orthodontique.

En effet, il peut par exemple se produire une mésialisation indésirable des dents postérieures avec souvent une version mésiale de la molaire d'ancrage.

Mais classiquement, l'orthodontiste se sert de cette perte d'ancrage comme moyen thérapeutique pour corriger des malocclusions.

Langlade décrit par exemple la perte d'ancrage antéro-supérieure et postéro-inférieure pour traiter une classe II division 1 avec extractions. (50).

I.2.4- Moyens de déterminer l'ancrage nécessaire

a- Etude clinique

Comme pour toute discipline, l'orthodontie doit mettre en place un plan de traitement précis suite au diagnostic qui va lui permettre d'évaluer l'ancrage nécessaire afin d'atteindre ses différents objectifs.

Le degré d'ancrage nécessaire peut être déterminé selon différents facteurs cliniques :

- La profondeur de la courbe de Spee.
- L'encombrement de l'arcade mandibulaire par un défaut ou un excès de place.
- La position des incisives mandibulaires afin d'envisager l'espace nécessaire pour les redresser.
- Le degré de décalage des bases osseuses.
- Lorsqu'il y a un cas avec une ou plusieurs extractions, il faut évaluer les espaces à fermer, les canines à rétracter par exemple.

- La valeur de l'angle mandibulaire car celui-ci peut faire varier l'ancrage disponible.

(53)

Le choix des dents d'ancrage varie selon la nature de la dysmorphie, la variété de l'appareillage, le mouvement à obtenir et l'âge du sujet.

b- Etude céphalométrique

Le maintien ou la solidité de l'ancrage peut être évalué par le praticien en analysant des clichés radiographiques en particulier à l'aide de la radiographie panoramique (longueur des racines dentaires, nombre de racines, qualité de l'os) et également de la téléradiographie de profil.

En effet, celle-ci donne lieu à une analyse céphalométrique permettant une simulation des objectifs de traitement tout en tenant compte de la croissance ; c'est ce qu'on appelle la VTO.

Par le biais de superpositions entre le tracé initial et la VTO, les différents mouvements des dents vont pouvoir être ainsi mis en évidence ainsi que l'ancrage nécessaire pour pouvoir les réaliser.(27)

II- L'IMPLANT UTILISE EN ODONTOLOGIE

II.1- Principes théoriques

II.1.1- Définition de l'ostéointégration-fibrointégration

Le premier chercheur à suggérer la possibilité d'un contact entre l'os haversien vivant et un matériau implantaire métallique est, en 1969, Per-Ingvar Brånemark et al.

Ce concept a introduit une nouvelle approche dans le traitement de l'édentation partielle et totale. (55)

Cependant, jusque dans les années 80, les moyens techniques et histologiques de l'époque, ont fait persister de nombreuses controverses sur les travaux de Bränemark. Certains cliniciens affirmaient alors qu'il existait un tissu fibreux interposé entre le métal et l'os.

L'obtention d'une membrane fibreuse autour de ces implants prit le nom de « pseudo-ligament ».

Sous l'effet de certains paramètres mal connus, une ostéolyse péri-implantaire pouvait alors ainsi se former ainsi que des phénomènes inflammatoires.

En 1977 le concept d'ostéointégration est créé.

L'ostéointégration est décrite par Bränemark en 1985 comme « un contact direct, en microscopie optique, entre l'implant mis en charge fonctionnel et un os vivant ».

(12)

C'est « une jonction anatomique et fonctionnelle directe entre l'os vivant remanié et la surface d'un implant mis en charge ».

Les études suédoises nous ont révélé que les taux de succès de l'ostéointégration obtenue dans des conditions rigoureuses étaient très importants et fiables à long terme avec un taux de succès de 97% pour la mandibule et de 90% pour le maxillaire. (1)

En effet, il s'avère maintenant illusoire d'envisager une liaison par du tissu fibreux à un implant.

L'absence de publication positive rend ce projet non fiable et irresponsable. (9)

Les études publiées sur les implants dentaires (métalliques ou en céramique) dans un tissu fibreux ont montré un taux de succès à cinq ans de l'ordre de 50 %, ce qui est inacceptable comparativement aux implants ostéointégrés ; ils ne peuvent donc servir en aucun cas d'ancrage pour des traitements orthodontiques.

La fiabilité des implants ostéointégrés n'est plus à prouver ; en effet plus de 1 500 000 implants Bränemark System ont été posés à travers le monde.

II.1.2 - Critères de succès de l'ostéointégration

En 1986, Albrektsson et coll définissent les critères de succès les plus utilisés pour obtenir une ostéointégration. (3)

Les conditions sont strictes :

- Asepsie stricte, avec un traumatisme minimum. Il faut laisser l'os en bon état
- Contrôle de la température de forage
- Il faut avoir une bonne adaptation du site par rapport à l'implant ainsi qu'une parfaite stabilité primaire en fin d'intervention.

Un implant est considéré comme ostéointégré quand :

- Il est non douloureux, non infectieux, non inflammatoire, cliniquement non mobile, avec une percussion claire.
- Il y a une absence de signes ou symptômes irréversibles tels que neuropathie, paresthésie ou effraction du canal mandibulaire.
- Radiologiquement, cela se traduit d'une part par une absence d'image radioclaire péri-implantaire, et d'autre part par une perte osseuse verticale inférieure à 0,2 mm par an après la première année de mise en fonction des implants.

II.1.3 – Critères d'obtention de l'ostéointégration

L'obtention d'une stabilité à long terme par ostéointégration demande le respect d'une méthode et d'un certain nombre de critères. (39)

De nombreux facteurs sont essentiels tels que :

a- Nature du matériau implanté

La biocompatibilité de l'implant est la principale qualité recherchée.

L'implantologie a proposé de nombreux matériaux.

- Les polymères aux qualités mécaniques faibles ont peu été utilisés en implantologie orale du fait de leur fiabilité incertaine.

En effet, l'usage de la résine acrylique a été testé pour des remplacements dentaires unitaires par Hodosh, sans grand succès.(43)

Les céramiques ont également été expérimentées et utilisées.

L'alumine est très stable chimiquement, inerte, et généralement biocompatible mais reste quand même fragile.

De nombreuses études ont été réalisées avec les phosphates calciques.

- Les phosphates ont tous le même devenir : les cellules osseuses vont venir coloniser rapidement la surface de l'implant.

Riess utilise la forme poreuse qui peut être résorbée complètement et remplacée par de l'os pour recouvrir des implants métalliques.(8)

- Les implants Bio Glass, d'utilisation récente en implantologie, semblent une solution très ouverte sur l'avenir : en effet, la formation d'une membrane parodontale avec des fibres de Sharpey correctement orientées au contact de l'os est observée.

L'hydroxy-apatite est un matériau bio-actif, c'est à dire qu'il va se connecter structurellement à l'os par une liaison physico-chimique ; ceci a été décrit par Meffert sous le nom de « bio-intégration ». (8)

La biocompatibilité des carbones est excellente.

En implantologie orale, le carbone vitreux et le carbone pyrolyte ont été utilisés.

- Le titane, commercialement pur (99,7 %), a fait ses preuves de parfaite biocompatibilité. C'est le matériau le plus employé de par ses propriétés mécaniques et sa résistance à la corrosion.

En effet, celui-ci, hautement réactogène, est passivé par une fine couche d'oxyde très tenace et protectrice le rendant ainsi très résistant à la corrosion.

Le titane présente donc toutes les propriétés requises pour une parfaite intégration tissulaire :

- excellente résistance à la corrosion de part sa couche d'oxydes
- faible diffusion d'ions
- l'apparent manque de réactivité vis à vis des tissus environnants

Les études de Gould et al. sur les cultures de tissus effectués sur le titane montrent un total succès de biocompatibilité. Selon ces auteurs, les cellules épithéliales s'attachent à la surface du titane au moyen d'une lame basale et d'hémi-desmosomes, de la même manière qu'un attachement épithélial s'agrège à la surface de la dent. (37)

En terme de durée, le système de Bränemark a le suivi clinique le plus important : plus de vingt ans avec plus de 90% de succès. (2)

Les problèmes apparus récemment avec les matériaux d'hydroxy-apatite nous permettent également de conclure que le titane est actuellement le matériau universel de l'implantologie dentaire. (9)

C'est la référence en implantologie dentaire.

b- Forme de l'implant

Le dessin de l'implant doit permettre sa fixité primaire dans le logement osseux.

Il existe différentes formes d'implants qui nous sont actuellement proposées : vis, lame, aiguille, cylindre.(9)

La forme d'implant la plus utilisée actuellement est la vis, qui classiquement nécessite un taraudage osseux après le forage préliminaire de l'alvéole.

Toutefois, l'évolution de la technique chirurgicale a permis l'utilisation d'implants autotaraudants.(32)

Ces implants autotaraudants permettent une meilleure stabilité primaire.

Des implants cylindriques insérés par frottement doux ont également été utilisés, permettant d'obtenir de très bons résultats cliniques.

c- Technique chirurgicale et site osseux

Le site osseux receveur conditionne la cicatrisation de l'acte chirurgical implantaire.

En préopératoire, le scanner permet d'évaluer plus finement la zone à implanter, sa qualité, sa structure, mais c'est aussi en per-opératoire que le site osseux sera analysé tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif.

L'asepsie doit être stricte de par un protocole rigoureux et logique.

La chirurgie implantaire nécessite de travailler de façon aussi atraumatique que possible en utilisant des instruments ayant une efficacité de coupe maximale, de façon stérile avec des forêts suffisamment refroidis par irrigation stérile haut débit pour ne pas entraîner de nécroses cellulaires.

La vitesse de rotation des instruments est également un paramètre à prendre en compte sur la température dégagée lors de la préparation osseuse.

Selon Eriksson, la température maximale à ne pas dépasser est de l'ordre de 47 degrés pendant une minute ; au-delà d'une minute des effets néfastes apparaissent sur l'os à plus ou moins long terme.

Cette méthode fournit les meilleurs résultats statistiquement.

Quel que soit le site implantaire, l'os doit être sain et exempt d'infection.

II.1.4- Contre-indications à la chirurgie implantaire

Les contre-indications en implantologie doivent être établis dès la consultation initiale.

En effet, de nombreux paramètres interviennent dans la prise de décision de l'implantologie et vont ainsi rythmer les consultations.

La collaboration étroite entre chirurgien-dentiste, prothésiste et/ou orthodontiste s'avère capitale pour l'élaboration préalable du plan de traitement.

a- Contre-indications générales absolues définitives :

- toute valvulopathie oslérigène
- toute immunodépression non corrigeable comme le sida, les hépatites actives
- toute irradiation dans la zone concernée
- toute tare organique non corrigeable
- les alcool-tabagiques
- psychopathies

Toute pathologie qui pourrait entraver le pronostic vital à court ou moyen terme constitue une contre-indication absolue aux implants.

D'autre part il est important de faire remarquer que l'implant sera vivement déconseillé chez l'enfant ; en effet l'implant se comportant alors comme une dent ankylosée ne pourra suivre la croissance verticale des maxillaires.

b- Contre-indications générales absolues temporaires :

Toute tare organique corrigible ou équilibrable au long cours tels que des problèmes de coagulation, une maladie rénale, une maladie digestive ou endocrine.

En effet Lekholm et Zarb nous ont démontré que des implants sur des patients traités présentant une pathologie médicale telle qu'un diabète, une arthrite ne provoquaient pas d'effet négatif à long terme. (21)

c- Contre-indications loco-régionales :

L'examen clinique exo et endobuccal permet de dépister des facteurs loco-régionaux qui peuvent être à l'origine d'échecs ou de complications dans le cas de reconstructions implanto-portées ; ainsi cela permettra d'harmoniser un plan de traitement global.

- Parafonctions non corrigibles et dysfonctions de l'appareil manducateur telles qu'un bruxisme sévère.
- Maladies muqueuses non curables telles qu'un lichen érosif, une bullose.
- Les parodontopathies graves ou avancées.
- Un état d'hygiène déplorable avec refus d'amélioration de la part du patient.
- L'anatomie défavorable par un os de quantité insuffisante ou de qualité médiocre.

Un espace inter-arcade (supraclusion, égression) ou un espace inter dentaire très réduit peut constituer une contre-indication locale.

II.1.5 – Indications à la chirurgie implantaire

a- Prothèse endobuccale :

Les implants peuvent être indiqués dans le cas d'instabilité ou de manque de rétention d'une prothèse adjointe amovible, l'instabilité créant un inconfort fonctionnel ou psychologique important chez le patient.

Quand celle-ci est totale, elle peut être corrigée par un bridge complet implanto-porté par exemple ou par la stabilisation d'une prothèse amovible par différents artifices tels que les attachements.

En prothèse fixée, les implants trouveront leur indication en cas :

- de mauvaise répartition des piliers sur l'arcade
- d'un nombre insuffisant de piliers dentaires résiduels
- d'une absence de pilier naturel pour réaliser une prothèse fixée
- d'édentements unitaires avec des dents adjacentes saines
- d'agénésies dentaires ou de fractures radiculaires

b- Orthodontie

- Ancrage
 - Pour un déplacement dentaire, les implants ostéointégrés, principalement ceux en titane, seront appropriés. (73)
 - Pour un déplacement osseux.
- Les implants peuvent également servir de moyen de contention après un traitement orthodontique. (60)
- Les implants sont indiqués également comme solution de remplacement à la prothèse conventionnelle dans le cas d'agénésie.
- La mise en place d'une dent incluse
- Les implants sont aussi utilisés comme des repères radiographiques afin de faciliter le contrôle de la croissance et l'évolution d'une thérapeutique orthodontique.

c- Prothèse exobuccale

Parell et al. ont montré que des implants en titane pouvaient servir d'attachements de prothèses maxillo-faciales de manière extra-orale (61). Ainsi les implants auront également

des indications dans le cas d'épithèses lors d'accident de la voie publique, d'accidents du travail et autre.

II.2- Inter-relation implantologie-ODF

II.2.1- Indication pour une agénésie dentaire

En 1988, Odman et al. ont présenté une alternative au collage d'un bridge dans un cas d'agénésie d'une incisive latérale maxillaire et dans un cas d'agénésie multiple : l'implant. (60)

En effet, le praticien peut favoriser ce type de choix de traitement de par le succès clinique à long terme des implants ostéointégrés.

Il est à remarquer que le remplacement d'une dent absente par prothèse implanto-portée est moins mutilant qu'un bridge.

Dans la situation d'Odman, l'implant n'a servi que de support prothétique, or il est possible d'imaginer le fait que l'implant soit dans un premier temps mis en place pour ancrage dans le cadre d'un traitement orthodontique puis dans un second temps, utilisé comme pilier prothétique pour remplir son objectif esthétique et fonctionnel.

- Les agénésies d'incisives latérales maxillaires s'avèrent les plus fréquentes.

L'avantage de poser un implant dans ces cas cliniques permet de restaurer une occlusion canine de classe 1 d'Angle, un guide antérieur équilibré, une ligne harmonieuse du sourire ; contrairement à la thérapeutique par fermeture d'espace.

- Des agénésies de prémolaires inférieures sont également souvent rencontrées.

Une des propositions thérapeutiques veut la conservation sur l'arcade des molaires temporaires mais la solution implantaire n'en reste pas moins indiquée s'il n'existe pas d'autres contre-indications afin d'éviter de réintervenir plus tard dans le cas où les molaires temporaires tombent naturellement par résorption.

Cela permet de conserver de bons rapports d'occlusion et un profil esthétique harmonieux.

- Dans le cas d'agénésies multiples, le plan de traitement demande une étroite collaboration entre différents praticiens : parodontiste, implantologiste, orthodontiste, prothésiste. Néanmoins se pose le problème de l'âge minimal pour poser un implant.

Sennerby et al. ont réalisé une étude en 1993 qui démontre que les implants restent fixes dans les maxillaires et ne suivent pas l'os lors de sa croissance.

Les études menées sur de jeunes porcs implantés dans la région prémolaire supérieure montrent que les implants se situent en position haute et palatine en fin de croissance. (72)

Ils préconisent d'attendre la fin de la croissance avant de poser des implants.

II.2.2- Etude de la croissance et évolution d'un traitement orthodontique

L'implantologie présente également des applications orthodontiques en ce qui concerne la céphalométrie.

Björk est le premier, en 1968, à utiliser des implants métalliques en tantale mis en place au maxillaire, à l'arcade zygomatique, et à la mandibule pour étudier les phénomènes de croissance. (10)

En fait, les implants ici servent de repères radiographiques.

Cette technique influence Melsen, en 1978. En effet, celui-ci cherche à évaluer l'effet des forces extra-orales lors de la croissance du massif facial par le biais des implants. (56)

De nombreux auteurs utilisent cette idée : Turley, Smalley et Shapiro en 1988, Schneiderman en 1989. (76, 83, 84)

II.2.3- Orthodontie avant implantation

L'espace mésio-distal nécessaire pour effectuer la mise en place d'un implant conventionnel est de sept millimètres mais parfois cette zone à implanter est trop étroite entre deux dents ; un traitement orthodontique permet ainsi de corriger la situation.

Odman et al. réalisent, en effet, en 1988, un élargissement orthodontique de l'espace à implanter chez une patiente de quatorze ans ayant perdu une incisive centrale supérieure depuis longtemps. (60)

L'exemple également classique et fréquent est la mésioversion du pilier postérieur (deuxième ou troisième molaire) réduisant alors l'espace nécessaire pour implanter.

Dans le cas d'une édentation ancienne, l'égression des dents peut rendre difficile voire impossible toute pose implantaire antagoniste ; il est donc souhaitable dans ce cas de niveler orthodontiquement l'arcade afin de retrouver une hauteur prothétique suffisante.

En outre, l'orthodontie peut améliorer l'environnement parodontal garantissant ainsi une meilleure pérennité des résultats tant esthétiques que fonctionnelles.

La coopération entre les différents praticiens doit être parfaite. Avant la mise en place des implants, l'orthodontiste doit être en mesure de fournir un set-up prévoyant la morphologie de l'arcade en fin de traitement.

II.2.4- Implant servant de contention après un traitement orthodontique

L'implant peut également être utilisé en contention d'un mouvement orthodontique. Cette indication a été décrite par Odman en 1988. (60)

Ce dernier traite orthodontiquement chez une patiente des migrations du bloc incisivo-canin secondaires à une parodontopathie.

L'incisive centrale supérieure gauche est avulsée car condamnée.

La patiente refusant la réalisation d'un bridge qui entraînerait une mutilation des dents adjacentes, Odman place un implant dans l'alvéole de l'incisive manquante.

Six mois plus tard, il réalise la prothèse permettant ainsi de rétablir des points de contact et un guidage antérieur et permettant aussi de servir d'ancrage pour une attelle de contention collée.

II.2.5- Indication pour un ancrage orthodontique

a- Pour un mouvement dentaire

Les implants peuvent servir d'ancrage pour un déplacement dentaire. Il est judicieux d'avoir un appui inamovible dans les mouvements orthodontiques pour contrer la loi d'action-réaction .

Dans certains cas cliniques, notamment chez l'adulte, l'ancrage peut être insuffisant du fait d'un nombre de dents ou d'un support parodontal réduit.

Les implants ostéointégrés y trouvent donc toutes leurs indications :

- Lors de la correction d'une dysharmonie dento-maxillaire par encombrement ou proalvéolie lorsque les dents postérieures sont absentes ; il est intéressant d'avoir un appui postérieur. Ces cas ont été étudiés par Kraut et al. en 1989, Odman et al. en 1988 (60) et Shapiro et Kokich en 1988 (73).
- Lors de l'ingression des incisives maxillaires étudiée par Creekmore et Elkund en 1983. En effet, ces auteurs utilisent un implant-vis de manière temporaire, dans le vestibule maxillaire à la hauteur des apex des incisives centrales. (20)
- Lors de la mise en place sur l'arcade d'une canine incluse (60) au moyen d'un ressort orthodontique. Ce ressort peut être relié à une prothèse fixée dont le pilier peut être un implant ostéointégré.
- Lors de la mésialisation d'une molaire avec redressement de son axe. Cette situation se retrouve très fréquemment dans la pratique quotidienne. Il est très courant de voir un patient chez qui la première voire la deuxième molaire est absente et la dernière molaire présente mais versée. L'orthodontiste sera souvent amené à réduire l'espace entre les piliers et à redresser l'axe de la dent pour permettre une restauration prothétique.

Shapiro et Kokich ont proposé en 1988 d'utiliser un ancrage implantaire en distal du pilier antérieur afin de redresser la molaire ; une fois l'axe rétabli, l'implant servira alors de support prothétique. (73)

b- Pour un mouvement osseux

En 1980, Guyman et al. réalisent avec succès l'expansion maxillaire au moyen d'un ressort qui écarte deux incisives latérales auparavant ankylosées. (38)

Turley et al. en 1980, cherchent à obtenir une expansion maxillaire sur des singes en utilisant comme ancrage des implants Bioglass situés au niveau des molaires.

Seul un singe sur trois a eu une expansion du palais par le remodelage de la suture.

L'expérimentation de Smalley et al. en 1988 démontre cependant que les implants peuvent être utilisés pour appliquer des forces orthopédiques pures sur les os de la face sans que les dents ne soient déplacées. Ils utilisent un ressort tendu entre des implants maxillaire et mandibulaire, et un masque de protraction lui-même maintenu par des implants frontaux et occipitaux. (76)

Kokich obtient lui aussi, chez un jeune patient atteint du syndrome d'Appert, un mouvement du maxillaire grâce à un ancrage sur les canines temporaires ankylosées. (49)

En conclusion, nous pouvons donc voir que les traitements interdisciplinaires nécessitent la mise à profit de toutes les connaissances de chacune des spécialités.

Il est très important d'effectuer un plan de traitement global avec ses différents objectifs dans l'intérêt du patient.

L'implantologie a fait ses preuves quant à sa fiabilité et à sa durée sur le long terme ; les orthodontistes peuvent désormais utiliser l'implant notamment pour une substitution d'unité d'ancrage dentaire et ce en minimisant les effets secondaires néfastes.

III- UN NOUVEAU TYPE D'ANCRAGE EN ODF : **L'ANCRAGE IMPLANTAIRE**

III.1- Introduction

Le développement d'un système d'ancrage absolu s'est basé sur un certain nombre de principes:

- Les systèmes doivent être positionnés en bouche.
- Ils doivent être faciles à installer.
- Ils doivent être non douloureux.
- Ils ne doivent pas nécessiter d'effort pour leur dépose.
- Ils doivent être confortables d'utilisation pour l'orthodontiste.
- Il est nécessaire que ces systèmes aient un fort taux de succès.

Il convient de faire une distinction entre l'ancrage implantaire ostéointégré qui servira dans les traitements orthodontiques puis pour des résultats à plus long terme en tant que fixtures pour des reconstructions prothétiques, et l'ancrage implantaire qui sera déposé après la fin de son usage orthodontique.

III.2- Historique

III.2.1- Application orthodontique chez l'animal

L'utilisation des implants en orthodontie semble peu fréquente mais l'évolution des études expérimentales montre que l'idée n'est pas nouvelle.

Gainsforth et Higley en 1945, utilisent des implants-vis en vitallium et anneaux en acier détrempe inoxydable dans des mandibules de chien afin de rétracter des canines maxillaires et constatent la perte de toutes ces vis dans un délai compris entre quatorze et trente jours.

(33)

Il faudra attendre quelques années avant que d'autres expériences soient tentées.

En effet, Sherman en 1978, met en place chez le chien des implants en carbone vitreux laissés en nourrice pendant 70 jours puis chargés avec des forces de 175 grammes. Sur six implants testés, seuls deux sont stables et fonctionnels, mais il n'y a pas eu de mobilisation des deux implants par les forces orthodontiques. (74)

D'autres auteurs ont également fait des expérimentations sur les implants Bioglass soumis à des forces orthodontiques ou orthopédiques comme Smith en 1979, Turley en 1982. (83)

Smith ne rapporte pas de mouvement significatif de ces implants en oxyde d'alumine recouverts de Bioglass sur des singes mâles pendant l'application de forces de 425 à 925 grammes pendant deux à neuf semaines.

Récemment des implants en Ticonium (alliage cobalt-chrome) ont été utilisés comme ancrage par Douglass et Killiany en 1987 (24).

Ces auteurs ont utilisé cinq rats sur lesquels ils appliquent des forces de 150 grammes entre une molaire et l'implant.

Le taux de succès a été de 23,8%. Pour ces auteurs, l'échec ne semble nullement dû à la nature de l'implant mais à plusieurs facteurs présents chez le rat.

Plusieurs études démontrent la fiabilité sans équivoque des implants en titane comme ancrage orthodontique.

Roberts et al. en 1984 placent vingt implants en titane (3,2 millimètres x 8 millimètres) dans des fémurs de lapins. (70)

Après quatre à huit semaines d'application d'une force de 100 grammes sur les implants. Un implant sur vingt devient mobile.

Leur expérimentation, appuyée sur les travaux de Bränemark démontre que ce type d'implant est particulièrement adapté pour un ancrage orthodontique dans des conditions rigoureuses.

En 1988, Turley et al. appliquent des forces orthodontiques sur implants endo-osseux en titane chez le chien. (83)

La particularité de cette expérience tient au fait qu'ici les implants sont des implants larges et plus étroits et ceux-ci vont être implantés dans des sites non habituels tels que la corticale linguale de la mandibule, le palais, le zygomatique et le temporal afin de tester la stabilité des implants comme ancrage orthopédique.

A l'issue de cette étude, 100% des implants larges sont restés stables contre 47% des implants étroits. Selon les auteurs, la mise en charge trop précoce explique ces mobilités.

Toujours en 1988, Smalley et Shapiro posent des implants transcutanés en titane sur des singes. Ces implants sont soumis à des forces de six cent grammes sur une durée de douze à dix-huit semaines. Ils observent alors un taux de succès de 100%. (76)

A la lumière de ces différentes expérimentations, nous pouvons donc conclure que les implants endo-osseux posés selon un protocole rigoureux satisfaisant aux exigences cliniques et chirurgicales peuvent devenir une source d'ancrage orthodontique efficace et fiable.

Cette fiabilité des résultats a favorisé la transposition de cette technique pour une application en clinique humaine.

III.2.2- Application chez l'homme

Toutes les études citées précédemment ont permis de déterminer certains critères à tester pour savoir si un implant est susceptible d'être utilisé en orthodontie ou en orthopédie :

- Stabilité des implants sous des charges orthodontiques ou orthopédiques
- Possibilité de permettre le mouvement d'une dent, d'une mâchoire ou du massif facial.

En ce qui concerne les études chez l'homme, Linkow fut le premier en 1970 à associer les implants à l'orthodontie. (54)

Dans cette étude, six cas cliniques ont été analysés.

Il utilise des implants lames pour faciliter les traitements orthodontiques. Après deux ans, Linkow conclut au succès des implants cependant il faut remarquer qu'un seul des six cas présentait un implant servant d'ancrage à une force intermaxillaire.

Odmann et al. utilisent en 1988 des implants afin d'égresser et de reculer des dents. (60)

En 1991, Higuchi réalise une étude dont le but est d'établir le lien entre les implants ostéointégrés de Brånemark comme unité d'ancrage intra-orale et un déplacement dentaire.

Sur sept patients étudiés, les implants ont servi de façon efficace comme unité d'ancrage permettant les corrections occlusales. (40)

Umemori (84) et al. en 1995, ont fixé une mini-plaque d'ostéosynthèse sous apicalement de telle sorte qu'elle émerge au travers du repli de la muqueuse buccale pour servir d'ancrage. Un implant sous forme de petite vis en titane mis en place dans la région antérieure du palais servant d'ancrage orthodontique a été mis en évidence par Wehrbein et al. en 1996.

Glatzmaier et al. testent la même année des implants biodégradables. (35)

Kanomi en 1997 utilise des mini vis de diamètre réduit insérées dans les régions sous et supra-apicales. (48)

Costa et al. en 1998 vont faire de nombreuses expérimentations sur l'utilisation de mini vis servant d'ancrage orthodontique dans différentes localisations. (19)

Trisi et Rebaudi évaluent la stabilité des implants au cours d'un traitement orthodontique en 2002. Cette expérimentation porte sur douze patients ayant des implants rétromolaires ou palatins. (82)

A l'issue de cette étude les auteurs en ont conclu que le traitement avait été facilité et plus rapide qu'avec des moyens classiques ; la stabilité des implants ayant été permise par un intense remodelage osseux.

Il apparaît donc, à la lecture de ces différentes études cliniques sur l'homme, que l'implant constitue un ancrage fiable, utilisable dans le cadre d'un traitement ODF.

III.3- Implant conventionnel orthoprotétique

III.3.1- Etude pré-implantaire

Avant d'élaborer le protocole chirurgical des implants conventionnels, il convient bien sûr de s'attarder sur les premières consultations en implantologie.

Ces premiers contacts avec les différents praticiens de chaque discipline impliquée permettent d'évaluer la motivation du patient ainsi que le motif de sa demande (esthétique ou fonctionnelle) et de lui fournir des explications claires et simples sur le déroulement du traitement, sa durée, son coût ainsi que les éventuelles suites opératoires.

L'aspect psychologique est un facteur essentiel à évaluer dans la prise en charge du patient. Les patients sont souvent très favorables à la solution implantaire pour compenser un édentement sans créer de dommages sur les dents adjacentes et en rétablissant une fonction masticatoire et esthétique.

La mise en place d'implant nécessite également une parfaite connaissance de l'état de santé général du patient, avec ses éventuelles contre-indications. Un interrogatoire précis et un examen clinique permettront de faire un bilan de santé.

L'examen exobuccal et endobuccal se feront de façon classique, en étudiant de manière méticuleuse l'occlusion afin de considérer tous les concepts occlusaux prothétiques possibles. L'évaluation de l'ouverture buccale et des articulations temporo-mandibulaires complète l'examen clinique car peut modifier des décisions thérapeutiques.

Certaines limitations d'ouverture buccale contre-indiquent la mise en place d'implants.

Pour répondre aux objectifs et mettre en œuvre un plan de traitement, il convient également de réaliser des examens complémentaires :

- La radio panoramique pour avoir une vision globale de l'environnement anatomique naturel et avoir une idée des rapports des différentes structures entre elles. L'inconvénient majeur de ce cliché reste la distorsion volumétrique dont il faudra tenir compte.

- Le bilan rétro-alvéolaire long cône
Ces clichés mettent en évidence l'état parodontal, endodontique, les trabéculations osseuses du site implantaire.
La localisation d'éléments anatomiques tels que sinus, fosses nasales, canal dentaire, peut parfois modifier le plan de traitement implantaire.

- Le scanner
Les radiographies classiques restent cependant insuffisantes pour déterminer le volume osseux nécessaire, l'épaisseur vestibulo-lingual.
Les coupes transversales et longitudinales obtenues permettent alors une étude à échelle réelle.

- Examens biologiques

Les contre-indications temporaires dues à une maladie endocrinienne ou rénale par exemple justifient des demandes de dépistage ou examen de routine prescrits par le médecin traitant.

III.3.2- Etude implantaire

Cette étude se fonde sur une collection de données cliniques et radiologiques ; elle permet la sélection du nombre d'implants, leur type, le site osseux, le diamètre.

Cette étape se fait en étroite collaboration avec le patient et les praticiens des différentes disciplines impliquées.

Des photographies sont réalisées ainsi que des empreintes d'étude afin d'avoir des modèles d'étude montés sur articulateur.

Dans le cas d'implant orthoprotétique, un guide radiologique et des prothèses provisoires de diagnostic sont réalisés.

III.3.3- Critères impératifs

La mise en place d'implants conventionnels requiert en général différents paramètres dont il faut tenir compte :

- hauteur, largeur et forme de la crête osseuse
- qualité de l'os
- obstacles anatomiques (glandes salivaires sous-maxillaires, trou mentonnier, canal dentaire inférieur...)
- type de tissu mou recouvrant la crête édentée

III.3.4- Volume osseux minimal pour poser un implant

Nous prendrons comme exemple la mise en place d'un implant endo-osseux de 3,75 millimètres de diamètre et de 10 millimètres de long. (21)

- sens vestibulo-lingual

La largeur crestale nécessaire doit être égale au diamètre de l'implant + 2 millimètres

- sens corono-apical

Au maxillaire la crête doit avoir une hauteur supérieure à 10 millimètres

A la mandibule la hauteur doit être supérieure à 12 millimètres.

- sens mésio-distal

S'il s'agit d'un implant unitaire, la distance doit être supérieure à 7 millimètres

S'il s'agit de plusieurs implants :

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ implant} = \text{distance mésio-distale} - 1 \text{ millimètres}}{\text{Diamètre de l'implant} + 3 \text{ millimètres}}$$

Il faut 3 millimètres entre deux implants adjacents et 2 millimètres entre un implant et une dent pour respecter l'espace ligamentaire.

III.3.5- Le guide chirurgical

Les modèles d'étude réalisés lors de l'étude implantaire vont permettre de créer un guide chirurgical qui servira de repère radiologique afin de déterminer l'emplacement des implants et de positionner plus facilement ceux-ci lors du premier temps chirurgical. Le guide est en résine acrylique le plus souvent.

L'emplacement des implants sera rempli d'un matériau radio-opaque permettant ainsi de servir de guide de contraste pour l'examen radiologique.

Le guide chirurgical doit respecter des conditions très strictes dont une stabilité correcte pendant les manipulations, la faculté de permettre un libre passage du forêt de marquage sans gêner la visibilité et l'irrigation.

III.3.6- Impératifs prothétiques

Le volume osseux évalué par le scanner va déterminer le nombre d'implants à mettre en place.

L'inclinaison des implants selon l'anatomie locale, les relations inter-arcades, le dessin de la supra-structure, le parallélisme sont autant de paramètres dont il faut tenir compte pour la pérennité de l'ensemble.

Le but de l'implant et de sa supra-structure est de maintenir l'ostéointégration dans le temps donc la répartition des forces occlusales est une des priorités.

III.3.7- Rôle en tant qu'ancrage orthodontique

Le contrôle d'un ancrage optimal par l'utilisation d'implants de type Bränemark a été couronné de succès dans une étude menée par Willems G. (91)

En effet, celui-ci utilise les implants en tant qu'ancrage pour aligner les dents de manière orthodontique puis restaure l'occlusion par des prothèses sur ces mêmes implants.

L'auteur nous met en évidence l'utilisation bien fondée de modèles en cire pour déterminer avec précision au préalable la localisation implantaire et l'orientation des mouvements dentaires orthodontiques futurs ainsi que les restaurations prothétiques sur implant pour permettre une bonne planification du traitement avec les différentes disciplines qui interviennent.

Charles J. Goodacre rappelle également que certains cas de restaurations prothétiques peuvent recourir à l'orthodontie avant un traitement implantaire. (36)

Les modèles en cire peuvent ainsi préfigurer les futures arcades dentaires, les mouvements dentaires après orthodontie et ainsi permettre d'élaborer un guide chirurgical avec les positions finales des dents et des futurs implants prothétiques.

III.3.8- Indications

- Rétracter des dents antérieures et aligner les dents

Ceci ne peut être réalisé lorsque les dents postérieures sont absentes. Ainsi, Goodacre propose de positionner des implants postérieurs qui peuvent dans un premier temps être utilisés comme ancrage puis dans un second temps pour une reconstruction prothétique. (36)

- Fermer des espaces édentés.
- Corriger des milieux inter-incisifs.
- Intrusion ou extrusion des dents.

- Corriger une inversion de relation molaire.
- Corriger une béance.
- Réaliser des mouvements orthopédiques.

III.3.9- Inconvénients

- Traitement aussi long sinon plus que le traitement orthodontique classique car l'implant est mis en nourrice pendant toute la période d'ostéointégration.
- Coût élevé.
- Problème de place nécessitant la présence d'une crête édentée.
- Localisation osseuse souvent difficile à trouver car souvent c'est une situation de compromis pour avoir à la fois un rôle orthodontique et prothétique.
- Réalisation parfois difficile de l'élément prothétique de connexion avec l'appareil orthodontique.

III.3.10- Avantages

- Technique d'ancrage fiable
- Durée de vie longue des implants et de leur reconstruction prothétique

III.3.11- Illustration par deux cas cliniques

- Cas du Dr. Van Roekel (85)

L'auteur présente le cas d'un jeune homme de 22 ans ayant subi un accident de la voie publique ayant provoqué de nombreux édentements dont le secteur incisif mandibulaire et la canine supérieure gauche.

Ce patient présente une relation canine inférieure gauche en inversé d'articulé avec l'incisive maxillaire latérale gauche.

La décision thérapeutique est de repositionner la canine pour obtenir un guidage antérieur durant les mouvements de latéralité gauche.

Trois implants de 20 millimètres vont être placés dans l'espace édenté incisif de la mandibule. 4 mois plus tard, ils sont découverts.

L'auteur met en place un appareillage de type Edgewise sur canine et première prémolaire inférieure et relie le tout aux deux implants adjacents.

Le but est d'abord de linguar les dents.

Une gouttière de calage postérieur a été créée pour augmenter la dimension verticale et permettre ainsi à la canine de se linguar par rapport à l'incisive.

Le traitement prothétique est initié après 4 mois de traitement.

Les prothèses ont été en service pendant 11 mois sans aucune complication.

- cas du Dr. Drago (25)

Il s'agit d'un patient adulte avec une multitude d'édentements, une classe II division 1.

Des implants en titane type Bränemark ont été posés à la mandibule dans les secteurs des dents manquantes postérieures et ont été ostéointégrés ; en vue d'ancrage orthodontique dans un premier temps.

Après 4 mois de cicatrisation, une empreinte est faite pour réaliser les pièces adaptées aux implants qui serviront de brackets orthodontiques.

L'orthodontiste a rétracté les dents mandibulaires antérieures en utilisant les implants postérieurs comme ancrage à l'aide de force de 20 newton/cm.

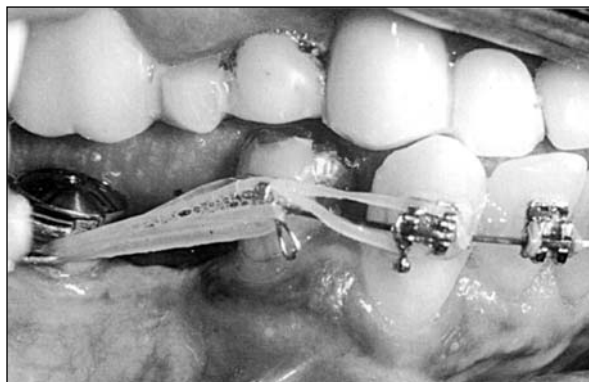


Figure 1: Rétraction des dents antérieures par ancrage implantaire orthoprothétique.

III. 4- Implants limités à la durée du traitement orthodontique

Bien que l'efficacité des implants type Bränemark ait été vérifiée cliniquement et expérimentalement pour des applications d'ancrage en orthodontie, il faut quand même reconnaître que leur utilisation reste limitée. Leurs différents inconvénients ont permis d'introduire de nouveaux procédés d'ancrage implantaire qui peuvent être classés en trois catégories :

- implant temporaire endo-osseux
- implant sous-périosté
- implant biodégradable

III.4.1- Implant temporaire endo-osseux

III.4.1.1- Les implants

a- L'Orthosystem de chez Straumann

(78)

L'une des principales nécessités lors d'un traitement orthodontique est le contrôle de l'ancrage. L'idée d'utiliser de nouveaux implants palatins spécifiques destinés à servir d'ancrage de façon temporaire en orthodontie a été introduite pour la première fois par Triaca et al.

- Historique

De nombreux auteurs ont étudié la possibilité de placer un implant au niveau médian en palatin.

Block et al. en 1995 proposent un disque en alliage de titane revêtu d'hydroxyapatite inséré en sous-périosté. (11)

Wehrbein et al. cherchent à traiter une classe II d'Angle par un implant palatin chez un patient de 16 ans et montrent à l'issue de cette expérience une évolution favorable du cas sans complication. (87)

Le système d'ancrage le plus utilisé reste de nos jours l'orthosystème de Straumann.

L'orthosystème répond à deux concepts fondamentaux :

- Mise en œuvre temporaire dans la région médiane du palais du palais (ou la région rétromolaire).
- Mise en œuvre conjointe entre une base de collage et des implants ITI* usuels permanents.

- Dessin de l'implant

L'orthosystème utilise un implant-vis en titane constitué d'une seule partie à filetage auto-taraudant de 3,3 millimètres de diamètre, et de 4 ou 6 millimètres de long.

Cette vis auto-taraudante est associée à un traitement de surface SLA obtenu par sablage et mordançage. (90)

Selon Wiltfang et al., les vis auto-taraudantes ont une stabilité primaire bien supérieure aux vis pré-taraudées.

Par ailleurs, cette stabilité primaire est accentuée dans l'orthosystème car les arêtes coupantes de l'implant ont été émoussées. (78)

Le col est lisse et peut avoir des hauteurs variables afin de s'adapter à l'épaisseur de la muqueuse du site d'insertion. Le pilier de l'implant est de section inférieure cylindrique et de section supérieure octogonale.

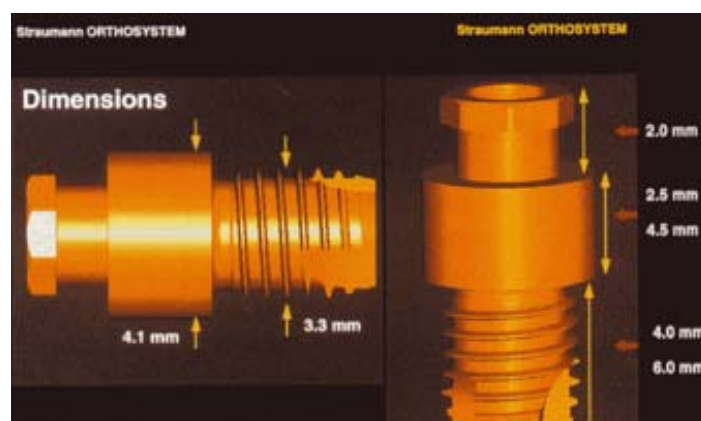


Figure 2: Présentation de l'orthosystème de Straumann.(71)

- Traitement de surface SLA

L'implant est de faible longueur à cause des contraintes anatomiques d'où un traitement de surface particulier nécessaire pour augmenter l'état de surface.

La surface SLA est rugueuse et cette rugosité est obtenue par trois traitements : (90)

- mécanique par sablage à l'aide d'alumine
- chimique par mordantage à l'aide d'acide chlorhydrique et sulfurique
- thermique

Cette rugosité particulière permet une ostéointégration accrue de par la vitesse de stabilité augmentée et donc de la mise en charge.

La présence d'un grand bras de levier défavorable avec la longueur de l'implant nécessite donc l'obtention d'un contact osseux direct en augmentant la surface réelle et en évitant des mouvements incontrôlés du torque.

- Rappels anatomiques

La région palatine constitue à la fois la paroi supérieure de la cavité buccale et la cloison ostéomembraneuse qui sépare cette dernière des fosses nasales.

Le palais est constitué de deux parties anatomiques distinctes :

- Palais mou en arrière ou voile du palais
- Palais dur en avant.

Le palais dur se présente sous la forme d'une voûte concave dans le sens sagittal et frontal.

Il est formé par les apophyses palatines du maxillaire supérieur dans ses deux tiers antérieurs et par les lames horizontales des palatins dans son tiers postérieur.

La suture sagittale ou intermaxillaire est déterminée par l'articulation des processus palatins ; et la suture transverse est elle-même constituée de la jonction entre la lame horizontale et le processus palatin.

Chez le patient jeune la suture entre le pré et le post maxillaire intervient dans les phénomènes de croissance antéro-postérieure sous l'influence des pressions linguales.

L'anatomie palatine ne contre-indique pas la pose d'implant dans la région antérieure du palais ; cependant la suture palatine chez l'enfant dont la croissance n'est pas terminée reste un point vulnérable et présente un risque d'échec élevé.

- Indications de l'orthosystème

- Les implants Ortho ont été mis en évidence pour représenter une unité d'ancrage maximal au maxillaire lors de traitement orthodontique. Ils sont indiqués en tant qu'ancrage postérieur afin de rétracter les dents antérieures en malocclusion telles que dans les classes II d'Angle, et en tant qu'ancrage antérieur lors des réalignements des molaires dans un mouvement mésial ou distal.

Selon Wehrbein, seule une perte d'ancrage d'1 millimètre au pire sera observée à cause de l'élasticité de l'arc. (88)

- Lorsque l'orthodontiste observe un refus du patient pour les forces extra-orales ou des élastiques de classe II.
- Pour refermer des espaces post-extractionnels sans ancrage inter-maxillaire.
- Chez le patient complètement denté.

- Contre-indications de l'orthosystème

Nous pouvons nous reporter aux contre-indications générales des implants.

- Considérations pré-opératoires

Pour le palais, il convient d'utiliser des implants très courts pour éviter de blesser les structures anatomiques adjacentes telles que le sinus.

La région palatine est en effet très facilement accessible et offre des conditions d'implantation idéales dues à la présence d'une muqueuse attachée.

La hauteur d'os présente dans la région palatine est très variable suivant les individus ; un diagnostic pré-opératoire est donc nécessaire pour éviter toute perforation du plancher nasal.

Une analyse céphalométrique permet de choisir l'implant et son site d'insertion ; en effet la céphalométrie latérale reste sans aucun doute la meilleure façon de visualiser l'anatomie de la voûte palatine. (7)

Wehrbein démontre que la véritable hauteur d'os de la voûte palatine est un à deux millimètres supérieure dans la région médiane à ce que l'on évalue généralement

radiographiquement par l'analyse céphalométrique. Pour éviter des complications il recommande donc de maintenir une distance de sécurité de deux millimètres par rapport au plancher nasal. (89)

Les praticiens peuvent en effet insérer des implants temporaires dans la partie médiane ou sagittale du palais afin d'obtenir un maximum d'ancrage ; cependant, la hauteur de support osseux vertical à cet endroit est caractérisée comme faible.

Bernhart et al. ont mené une étude sur 22 patients (4 hommes et 18 femmes âgés de 13 à 48 ans) nécessitant un maximum d'ancrage pour un traitement orthodontique.

Ils ont recherché un site implantaire palatin ayant un support osseux plus important à partir de clichés de scanners dentaires. (7)

L'analyse indique que la partie la plus propice au placement d'un implant palatin est située 6 à 9 millimètres en arrière du foramen incisif et 3 à 6 millimètres du paramédian en évitant la suture palatine car l'examen prouve que la hauteur d'os diminue d'avant en arrière avec risque d'échec de mise d'implant dû à une faible épaisseur d'os dans la région postérieure après les deuxièmes prémolaires.

Il conviendra donc de limiter l'implantation dans la région médiane qu'aux adultes et adolescents ayant fini leur croissance, l'implant pouvant créer des perturbations de la suture palatine. (86)

- Technique chirurgicale

Sous anesthésie locale (nerf palatin anesthésié bilatéralement et nerf palatin incisif) et dans les conditions d'asepsie et de rigueur chirurgicale, la muqueuse palatine est décollée.

Une fois l'os cortical de la voûte palatine exposé, le site implantaire peut être marqué à l'aide d'une fraise boule d'environ 2 millimètres de diamètre.

Ensuite, le forage est réalisé sous irrigation constante profuse, réfrigérée et stérile .

L'implant palatin autotaraudant est ensuite mis en place manuellement au début, puis par l'utilisation d'une clé à cliquet.

L'ortho-implant est alors recouvert pendant toute la période de cicatrisation d'une coiffe de guérison maintenue en place par une vis occlusale.

Il est alors recommandé d'informer le patient sur les mesures d'hygiène spécifiques suite à cette chirurgie :

- Utilisation de bain de bouche à la chlorhexidine 0,12% pendant 8 jours trois fois par jour
- Brossage précautionneux du contour de l'implant à l'aide d'une brosse à dent afin d'éviter l'accumulation de plaque.
- Prescription d'antalgiques si besoin.

5

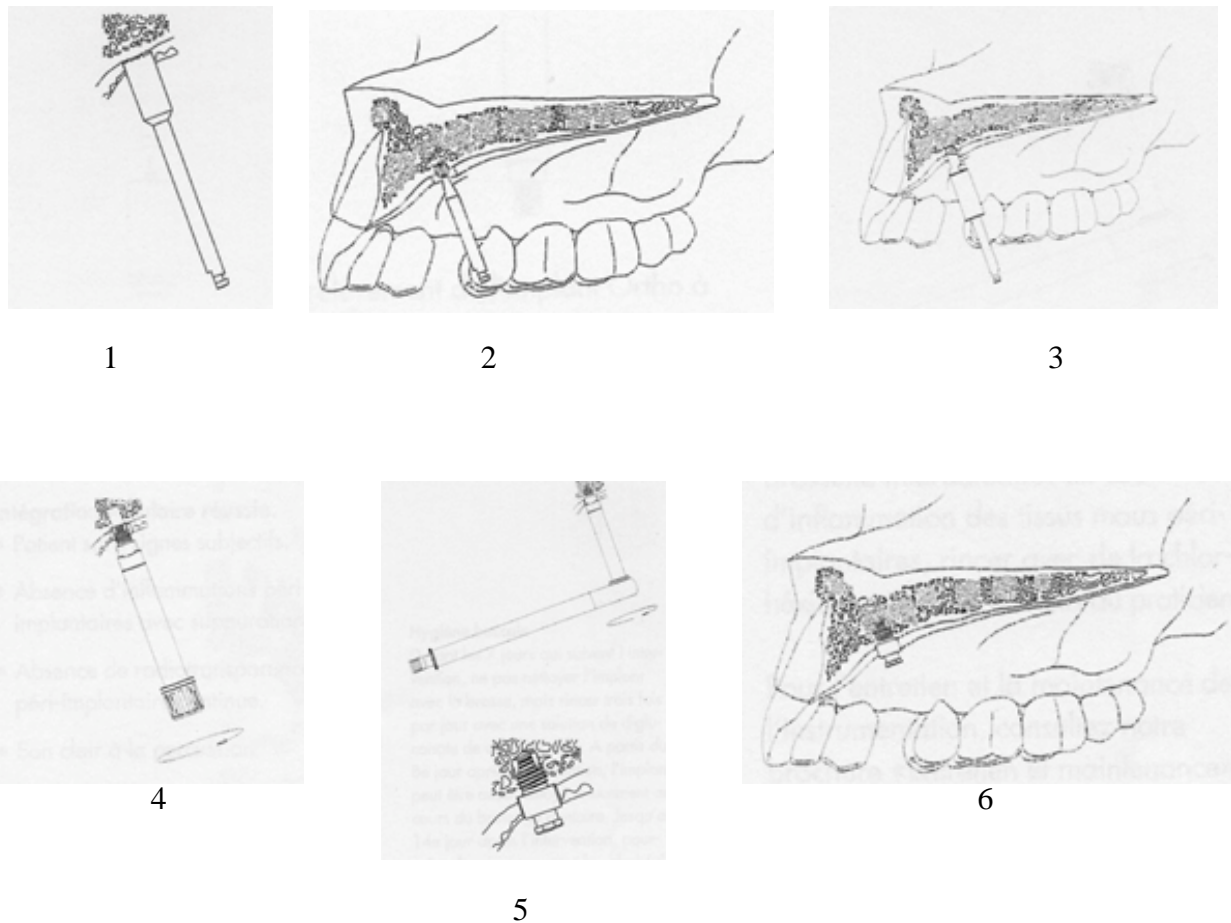


Figure 3: Protocole chirurgical de l'orthosystème.(78)

Les critères de succès concernant l'ortho-implant peuvent être évalués après une phase de cicatrisation de douze semaines. Il est important de veiller à éviter toute force excessive sur l'implant durant la phase de cicatrisation.

Pour transférer la situation clinique au laboratoire, le praticien prend une empreinte avec la coiffe d'empreinte vissée sur l'implant, remplaçant la coiffe de guérison.

L’empreinte réalisée et un analogue d’implant sont alors envoyés au laboratoire. Dans l’attente de la suite du traitement, la coiffe de guérison est remise en place.

- L’arc transpalatin

L’arc transpalatin est façonné sur le modèle de travail en plâtre dur à l’aide de fils de section 1,2 millimètres ou 0,8 millimètres en acier orthodontique.

La coiffe de rétention orthodontique est alors choisie en fonction du fil utilisé et du cas clinique.

L’insertion de l’arc transpalatin se fera après essayage en bouche pour contrôler son ajustage.

La façon la plus courante de procéder est la technique du mordançage :

Les bases de collage vont être fixées à chacune des extrémités de l’arc dans un premier temps, l’arc transpalatin est ensuite vissé sur l’implant bloqué par la coiffe d’ancrage orthodontique puis, les bases sont alors collées sur les dents. C’est à cet instant que le traitement orthodontique commence.

- Utilisation de l’Orthosystem illustrée par un cas clinique classe II dentaire et squelettique, surplomb de 10 mm.

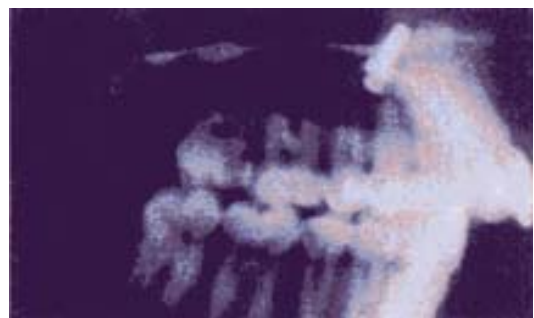


Figure 4: Radiographie de profil et moulage en plâtre. (78)

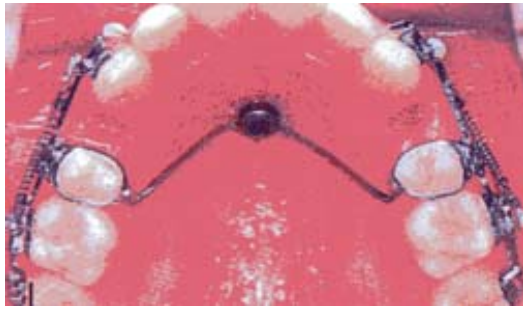


Figure 5: Début du traitement après extraction de 14 et 24.(78)



et Fermeture des sites post-extractionnels.(78)

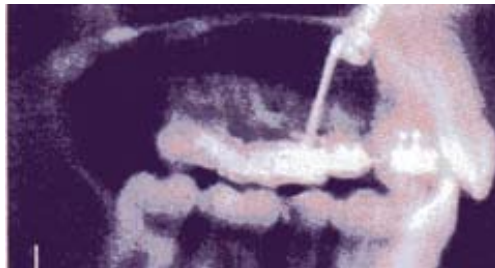


Figure 6: Téléradiographie de profil à la fin du traitement avec diminution de 8 mm environ du surplomb. (78)

b- Les Mini-implants

Ces dispositifs ne sont encore qu'à un stade expérimental et il ne nous est pas possible de donner un quelconque avis tranché sur le sujet ; c'est pourquoi nous nous contenterons de présenter les divers travaux actuels qui nous sont apparus intéressants.

Kanomi décrit un mini-implant de 1,2 millimètres de diamètre et de 6 millimètres de longueur. (47)

Le cahier des charges est défini comme suit :

- Les implants doivent être suffisamment petits pour pouvoir être placés n'importe où dans l'os alvéolaire même entre les apex des molaires maxillaires ou mandibulaires.
- Le procédé chirurgical de mise en place doit être aisé pour le praticien, et confortable pour le patient.
- La mise en charge doit pouvoir se faire rapidement.

- La dépose du mini-implant doit être facile, une fois le traitement orthodontique réalisé.

- Protocole chirurgical (47)

Kanomi traite un patient de 44 ans à l'aide de mini-implants.

Ce patient présente de nombreuses morsures palatines au niveau de la papille rétro-incisive avec douleurs, provoquées par les incisives mandibulaires.

Il présente également une absence des deux secondes prémolaires mandibulaires ainsi que de la deuxième molaire mandibulaire droite. La courbe de Spee est très marquée et une supraclusion très importante.

La décision de plan de traitement suite au diagnostic est l'ingression des incisives mandibulaires.

Pour ce faire, il réalise sous anesthésie locale un lambeau muco-périosté afin de découvrir l'os alvéolaire. Après avoir réalisé un repère de l'emplacement du mini-implant à la fraise boule, il utilise le forêt pilote d'un millimètre de diamètre à la longueur correspondant à la longueur de l'implant.

L'insertion de l'implant se fait à l'aide d'un mini tournevis ; puis le lambeau est remplacé et les sutures réalisées.

Une radio rétro-alvéolaire de contrôle est effectuée afin de vérifier la position de l'implant.

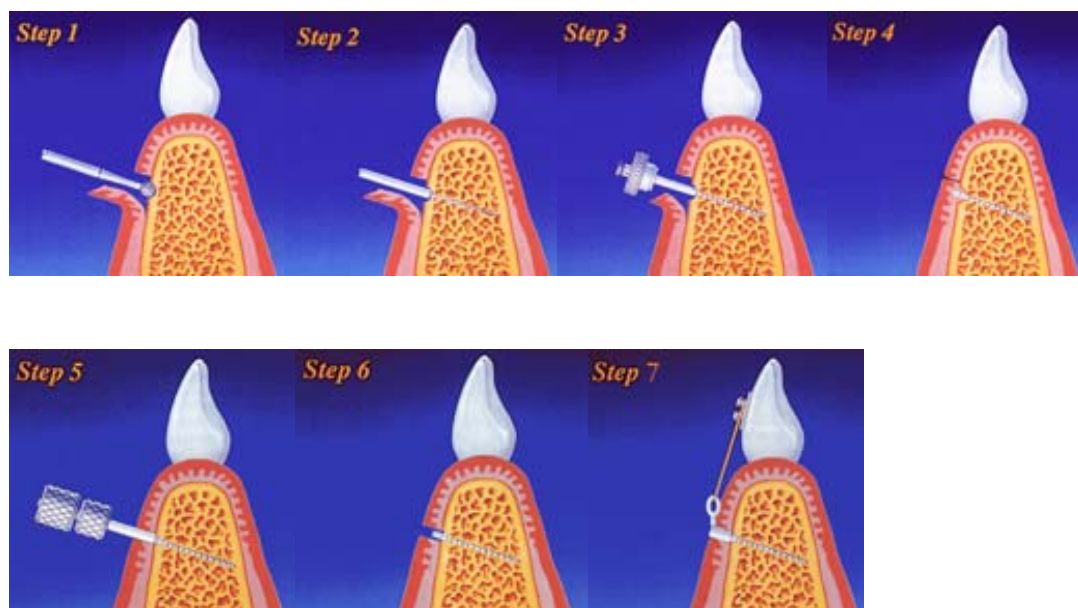


Figure 7: Les différentes étapes du protocole chirurgical des mini-implants. (47)

Kanomi a donc placé pour traiter ce patient :

- un mini-implant dans l'os alvéolaire entre les racines des incisives centrales mandibulaires au niveau apical.
- Trois mini-implants supplémentaires sous les racines des incisives maxillaires
- Un mini-implant de chaque côté des deuxièmes prémolaires mandibulaires manquantes pour la traction future.

Après cicatrisation et ostéointégration, la muqueuse est découverte à l'aide d'un emporte-pièce muqueux. Un crochet est alors attaché à la tête du mini-implant. Ceci permet donc d'y fixer une ligature métallique ou un élastique reliant alors la tête de l'implant au bracket de la dent pour ainsi être ingressive. (47)

Résultats :

Après quatre mois de mise en charge, une ingression de 6 millimètres est obtenue sans résorption de racine ni de pathologie péri-apicale. La supraclusion a également été diminué.

Le patient n'a pas trouvé d'inconfort majeur lors du traitement.

- Indications des mini-implants

- Ingression.
- Traction horizontale si placé dans le rebord alvéolaire.
- Ancrage pour distaler des molaires car assez petit pour être inséré dans le palais.

- Avantages des mini-implants

- Une multitude de sites d'insertion de par leur taille.
- Facilité de pose et de dépose.
- Possibilité de mise en charge immédiate.
- Irritation locale limitée.
- Coût modéré.
- Bonne santé osseuse après dépose.
- Temps de traitement réduit.

- Inconvénients des mini-implants
 - Risque de léser les éléments anatomiques adjacents (un nerf ou une racine dentaire).
 - Risque infectieux.
 - Risque de mobilité de la vis.

Récemment Kanomi a cherché à établir une période de mise en charge idéale car les réactions de l'os alvéolaire à la mise en charge des mini-implants ne sont pas encore très bien connues. (48)

L'expérience s'est faite sur huit chiens.

Il en a déduit que les mini-implants mandibulaires établissent une plus grande surface de contact avec l'os qu'au maxillaire.

Il a par ailleurs conclu que 3 semaines de cicatrisation sans mise en charge présentaient de nombreux avantages, comme par exemple l'amélioration du contact os-implant.

Au vu de cette étude, Kanomi a démontré que les mini-implants pouvaient se comporter comme des moyens d'ancrage traditionnels s'ils étaient mis en charge progressivement pendant les trois premiers mois et après une période initiale de cicatrisation des tissus de trois semaines.

c- L'implant rétro-molaire

En 1991, Higuchi et Slack émettent l'idée, dans une étude clinique, d'utiliser des implants rétro-molaires en tant qu'ancrage dans les traitements orthodontiques. (40)

Le but de cette étude est d'obtenir une fermeture des sites d'extraction mandibulaires par mésialisation des dents postérieures.

Sur sept patients, ils obtiennent 100% de réussite en posant des implants conventionnels de type Bränemark de dix millimètres de longueur.

Une fois le traitement orthodontique réalisé, les implants sont déposés.

Il est très fréquent de voir des patients adultes dont des dents postérieures sont absentes.

Généralement une arcade mandibulaire intacte de la première molaire gauche à la première molaire droite permet de créer un ancrage suffisant pour effectuer une translation d'une dent

de sagesse pour fermer l'espace d'une seconde molaire mandibulaire absente ; mais fermer l'espace d'une première molaire absente est beaucoup plus difficile. (70)

C'est pourquoi l'implant rétromolaire a été proposé pour constituer un ancrage absolu postérieur. (70)

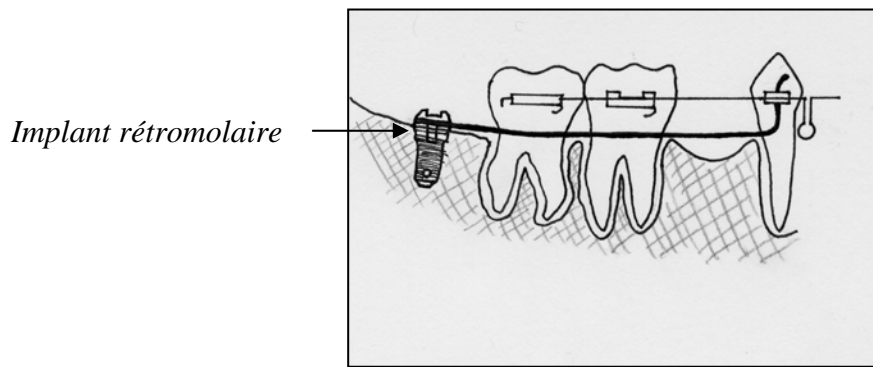


Figure 8 : Schématisation de l'action d'un implant rétro-molaire en tant qu'ancrage postérieur d'après Roberts. (70)

Indications :

- le recul et le nivellement d'une arcade dentaire (36)
- un articulé inversé avec nécessité de rétracter une arcade dentaire
- la fermeture d'un espace édenté postérieur.

Roberts et al. (70) illustrent l'utilisation des implants rétromolaires en comparaison avec une technique de restauration implanto-prothétique chez un patient de 34 ans présentant une première molaire maxillaire et une première molaire mandibulaire absentes.

Ils présentent trois types de plan de traitement :

- une reconstruction prothétique scellée
- une reconstruction implanto-prothétique
- l'utilisation d'un implant rétro-molaire en tant qu'ancrage pour fermer l'espace d'édentement.
-

La translation molaire maxillaire aura été de 4 millimètres en 6 mois et la mandibulaire de 8 millimètres en 24 mois.

D'autre part ils font remarquer que la solution de l'implant rétromolaire est environ 25 à 40% moins coûteuse que les autres solutions thérapeutiques proposées pour un résultat à long terme fiable.

Mais l'utilisation de l'implant rétro-molaire reste limitée car la technique chirurgicale de mise en place reste délicate surtout lors d'ouverture buccale faible, et, l'accès à l'hygiène reste difficile. (40)

III.4.1.2- Les Vis

a- Les Micro-implants de Park

Le contrôle de l'ancrage dans les traitements orthodontiques peut s'effectuer en utilisant des vis d'ostéosynthèse initialement prévues pour la chirurgie maxillo-faciale ou plastique.

Depuis 2000, des auteurs coréens utilisent un micro-implant sous forme de vis présentant les caractéristiques suivantes : 1,2 millimètres de diamètre avec des longueurs variables selon l'utilisation. (65)

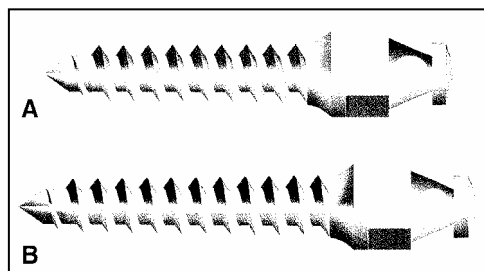


Figure 9: Micro-implants de Park pour ancrage orthodontique. (66)

Ces micro-implants présentent les mêmes avantages que les mini-implants de Kanomi, à savoir :

- Ils ne sont pas chers.
- Ils présentent un petit diamètre avec plusieurs longueurs.
- Ils peuvent être insérés n'importe où même en inter-radiculaire.

- Ils peuvent être mis en charge immédiatement.
 - Ils peuvent supporter des forces de 200-300 grammes sur toute la durée du traitement orthodontique.
 - Ils n'ont pas besoin d'ostéointégration.
 - La pose et la dépose sont aisées et peuvent être effectuées par l'orthodontiste lui-même. Les mini-vis peuvent être mises en place sans lever de lambeau, directement en transmuqueux.
 - Le temps de traitement est réduit.
- Indications des micro-implants décrites dans la littérature à ce jour
 - Malocclusion de classe II squelettique par technique linguale. (65)
 - Malocclusion de classe I squelettique avec une biprotrusion alvéolaire. (64)
 - Malocclusion de classe III squelettique avec présence d'un diastème supérieur. (65)
 - Manque de coopération chez un patient ayant eu treize mois de thérapeutique mécanique classique. (62)
 - Redressement de l'axe d'une molaire. (67)
 - Intrusion molaire avant reconstitution prothétique quand la molaire fait face à une zone édentée. (67)

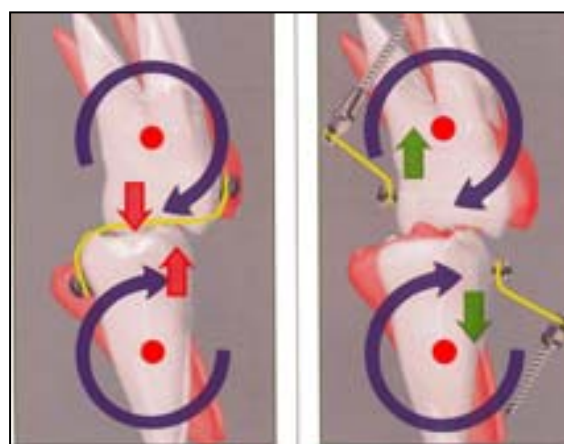


Figure 10: Schéma du redressement de l'axe molaire par micro-implant. (67)

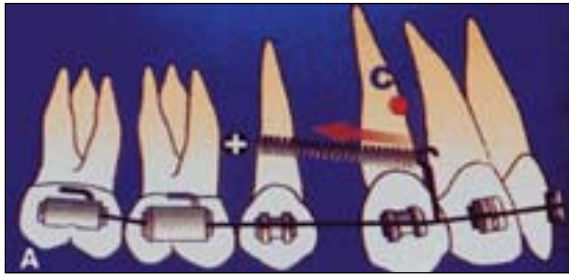


Figure 11: Rétraction du segment antérieur par micro-implant. (64)



Figure 12: Ingression molaire par micro-implant. (64)

- Procédure chirurgicale

Nous décrivons la mise en place du protocole chirurgical des micro-implants de Park en l'illustrant d'un cas clinique.

L'étude porte sur une patiente de 28 ans, rétrognathe, avec un sourire gingival, en relation canine de classe II, avec un surplomb de 6 millimètres et un recouvrement de 4 millimètres.

L'analyse céphalométrique révèle une classe II squelettique avec un rapport P/n.

Objectifs de traitement :

Corriger la protrusion labiale, réduire le sourire gingival et obtenir de bons rapports d'occlusion inter-maxillaire.

Traitement :

Les quatre premières prémolaires sont extraites.

Au lieu d'utiliser des forces extra-orales pour obtenir un ancrage maximum, les auteurs utilisent des micro-implants de 10 millimètres de long insérés, après repérage à l'aide d'un guide radiologique, entre la deuxième prémolaire et première molaire maxillaires.

Pour ce faire, ils procèdent, après anesthésie locale à la lidocaïne 2%, à un lambeau mucopériosté. Puis, ils réalisent le logement au travers de la corticale à l'aide d'un forêt pilote d'un millimètre de diamètre, sous irrigation d'eau stérile. Enfin, le micro-implant est inséré à l'aide d'un mini-tournevis.

Les forces orthodontiques peuvent être appliquées dès que les tissus mous sont cicatrisés, ce qui prend environ deux semaines pour Park.

La durée totale du traitement aura été de 26 mois avec comme résultats : une classe II molaire mais une classe I canine, le groupe incisivo-canin aura été reculé sans perte d'ancrage des dents postérieures.



Figure 13: Photographies avant le traitement orthodontique. (64)



Figure 14: Dispositif orthodontique avec les mini-implants. (64)



Figure 15: Photographies après 18 mois de traitement. (64)

- Remarques

Park et al. relèvent en 2000 que les mini-implants de Kanomi provoquent une inflammation et des risques d'infection des tissus mous environnants la tête de l'implant, c'est pourquoi ils proposent un crochet directement placé sur la tête de l'implant pour attacher le dispositif orthodontique et améliorer l'hygiène. (63)

La partie trans-muqueuse du micro-implant est lisse.

Park recommande un statut radiographique rétroalvéolaire en pré-opératoire pour déterminer le site adéquat à l'implantation.

Au maxillaire, une angulation de 30 à 40 degrés entre l'implant et le grand axe de la dent est recommandé, tant en vestibulaire qu'en palatin, pour augmenter la surface de contact entre l'os et l'implant. (67)

A la mandibule, l'épaisseur de la corticale est telle qu'elle demande généralement une angulation seulement de 10-20 degrés. (66)

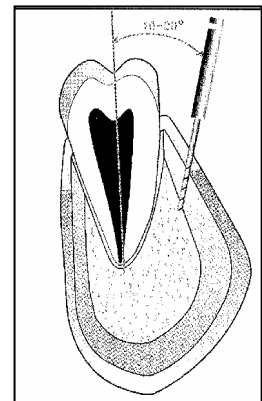
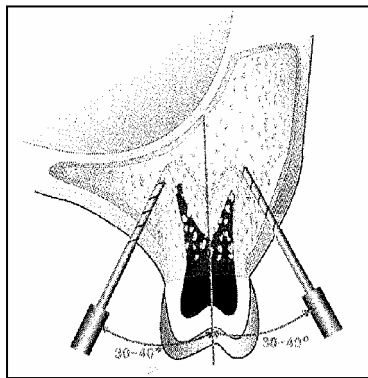


Figure 16: Emplacement des micro-implants au maxillaire et à la mandibule.

(66)

b- L'implant Åarhus

- Présentation du système (19)

Il s'agit d'une vis fabriquée à partir du modèle de Costa et al. en titane vanadium. Elle se présente sous la forme d'un cône afin d'augmenter la résistance et la stabilité mécanique.

Sa tête constitue un bracket modifié sans torque avec deux slots perpendiculaires.

La longueur de la vis est de 8 millimètres dont 6 intra-osseux avec un diamètre de 2 millimètres.

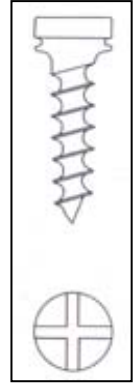
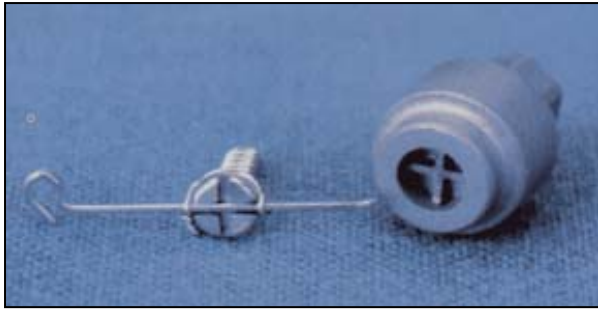


Figure 17: Présentation du système d'ancrage Aarhus.(58)

- Mise en place (58)

La vis est mise en place sous anesthésie locale, directement au travers de la muqueuse, sans lever de lambeau.

La localisation choisie de la situation de l'implant se fait selon le site et l'épaisseur d'os.

Un forêt, approprié à cette technique, monté sur pièce à main, réalise un trou de 1,5 millimètres de diamètre et de la longueur correspondant à la vis.

La vis est insérée à l'aide d'un tournevis, manuellement.

Ce même tournevis sera utilisé pour la dépose de la vis sous anesthésie locale par un mouvement de rotation opposé.



Figure 18: Illustration clinique de l'utilisation de l'ancrage Aarhus dans un procès alvéolaire.(58)

- Application des forces (58)

La mise en fonction de la vis peut être immédiate.

Les auteurs recommandent que la ligne d'action des forces passe au travers de la vis afin d'éviter la création de tout mouvement parasite.

- 7 localisations possibles (19)

Costa et al. ont décrit plusieurs sites d'insertion pour ces vis :

- Le plancher de l'épine nasale antérieure afin d'obtenir une vestibulo-version des incisives maxillaires.
- La suture palatine médiane pour provoquer une rétraction et une intrusion des dents antérieures.
- La crête sous zygomatique pour créer, comme précédemment, une rétraction et une intrusion des dents antérieures ou des molaires égressées.
- La région rétro-molaire sert de bon ancrage pour un déplacement mésial des molaires tout en évitant de rétracter les dents antérieures.
- L'insertion dans les procès alvéolaires sert quant à elle à déplacer une seule dent sans interférer avec les dents environnantes.
- Dans la symphyse en tant qu'ancrage pour une intrusion et une vestibulo-version des incisives mandibulaires.

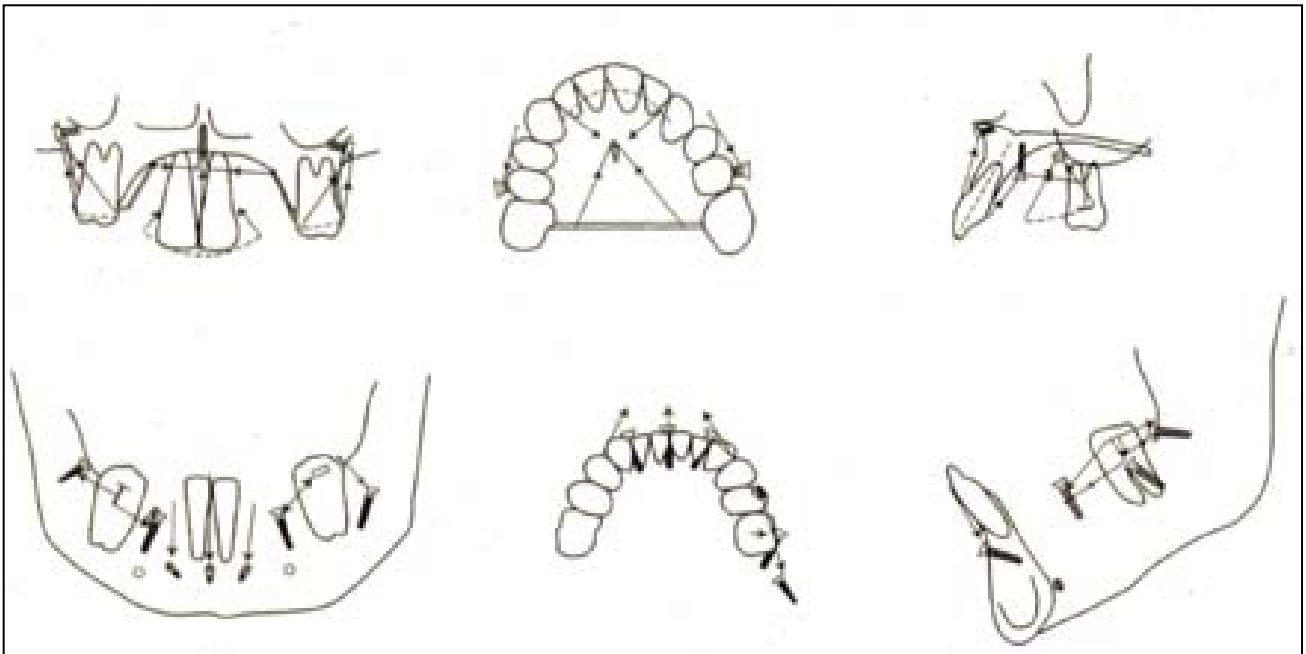


Figure 19: Schéma sur les différents lignes d'action de l'ancrage Äarhus selon les sites d'insertion. (58)

- Effets biologiques

Melsen a étudié les réponses biologiques de l'ancrage Äarhus sur le tissu osseux en menant une expérimentation sur 4 singes avec mise en place de vis au niveau de la crête sous zygomatique et dans la symphyse. (58)

La technique chirurgicale doit être très rigoureuse et adaptée.

Deux vis ont été perdues initialement lors de l'insertion à la mandibule, au cours du premier mois, l'auteur semble expliquer cet échec par une mauvaise technique chirurgicale avec un échauffement au cours de l'insertion et un manque de stabilité primaire.

L'ostéointégration a varié de 10 à 58% selon le temps mais celle-ci est indépendante du type d'os et du niveau d'application de la force.

Les forces appliquées ont été de l'ordre de 25 ou 50 grammes.

Cette étude animale démontre que la vis devient ostéointégrée mais de façon variable, et résiste dans le temps à la mise en charge.

- Avantages

- L'ancrage Äarhus est une alternative aux mini-implants mais la mise en place et sa dépose sont encore plus faciles car la chirurgie se fait sous anesthésie locale sans la réalisation d'un lambeau; selon les auteurs, cette thérapeutique peut être réalisée par un orthodontiste sans intervention d'un autre praticien. (58)
- La mise en charge est immédiate donc la durée de traitement est diminuée.
- La réaction inflammatoire locale est faible.
- Le coût est peu élevé.
- L'ancrage est fiable avec de nombreux sites d'insertion potentiels.
- La technique est bien tolérée par le patient.

- Inconvénients

- Risque infectieux selon la localisation.
- Risque de léser les structures anatomiques voisines (nerf, racine dentaire, plancher des fosses nasales...).
- Risque de mobilité de la vis si le moment des forces tend à la desserrer.

c- **Bicortical Titanium Screws**

(32)

Freudenthaler et al. ont mené une étude en 2001 sur l'utilisation d'un implant bicortical (BIS). Le but était de protracter le groupe postérieur de la mandibule dans le cas de groupe C d'ancrage (voir la classification de Burstone) sur 4 femmes et 4 hommes d'une moyenne d'âge équivalente à 22 ans.

- Présentation

L'implant bicortical est une vis en titane de 13 millimètres de longueur et de 2 millimètres de diamètre. La première génération de vis avait une tête de 4,5 millimètres de long, tandis que maintenant les vis de seconde génération ont une tête de 2,5 millimètres de long, ce qui permet de réduire l'irritation des tissus mous environnants.

La tête de l'implant présente une perforation permettant d'y passer les ligatures.

- Protocole chirurgical

Les auteurs recommandent d'analyser le site éventuel d'implantation au scanner afin de déterminer l'épaisseur d'os et déterminer la position exacte de la vis avec le guide in situ pour trouver l'angle d'insertion optimal.

Ainsi la position de l'implant est choisie et marquée à l'aide d'un guide chirurgical de 3 millimètres de diamètre.

La position idéale selon les auteurs est entre les racines de la seconde prémolaire au niveau du tiers apical.

La mise en place se fait sous anesthésie locale, avec incision muqueuse de 3 millimètres environ.

Un lambeau de pleine épaisseur est levé afin de positionner le guide qui servira à insérer l'implant de façon horizontale au niveau des procès alvéolaires. L'acte chirurgical est réalisé sous irrigation stérile.

La mise en charge peut se faire immédiatement après insertion, et des forces de 150 grammes peuvent être appliquées tout au long de la période active.

Freudenthaler et al. (32) affirment qu'aucune anesthésie n'est nécessaire pour la dépose des vis, et que la cicatrisation muqueuse consécutive à la dépose n'est que de quatre jours et ne provoque pas de phénomène inflammatoire particulier.

- Indications

Les implants bicorticaux peuvent être utilisés tant en denture mixte qu'en denture permanente.

Pour les auteurs, les indications sont :

- Classe I canine et extraction molaire de façon bilatérale
- Classe I canine et extraction molaire unilatérale
- Classe I canine et agénésie unilatérale des deuxièmes prémolaires

Ils recherchent en utilisant ce type d'implant à mésialer les molaires sans mobiliser les dents antérieures.

Selon eux les sites d'implantation peuvent varier :

- Entre les racines des prémolaires
- Entre canine et prémolaire
- Dans la partie mésiale d'un site d'extraction molaire
- Entre l'incisive latérale et la canine

Chez les huit patients traités par Freudenthaler et al. en 2001 (32), un véritable succès en terme de mésialisation des molaires sans rétraction des dents antérieures est observé.

Sur les douze vis posées, une seule a été perdue trois semaines après sa mise en place car devenue mobile suite à une inflammation prolongée provoquée par le recouvrement de la tête de vis par la muqueuse ; elle a donc dû être enlevée.

Deux patients sur les huit ont eu une légère inflammation de la muqueuse péri-implantaire mais qui a été contrôlée par une amélioration de l'hygiène.

- Avantages

- Comme pour tous les patients traités à l'aide d'ancrage implantaire, le temps de traitement observé a été réduit ;

- Le praticien n'a pas besoin de la coopération du patient.
 - La mise en charge est immédiate.
 - Le site d'insertion est au même niveau que le centre de résistance de la dent postérieure permettant ainsi un mouvement de translation favorable.
 - La dépose ne nécessite pas d'anesthésie.
- Inconvénients
 - Risque de réaction inflammatoire quand empiètement de la tête de la vis par la muqueuse péri-implantaire.
 - Légère douleur après insertion mais qui ne dure, somme toute, pas plus de 24 heures.

d- The Spider Screw

(34)

- Présentation

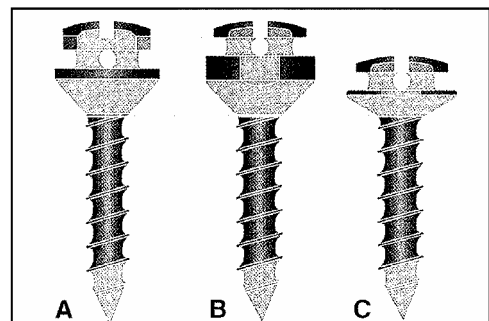
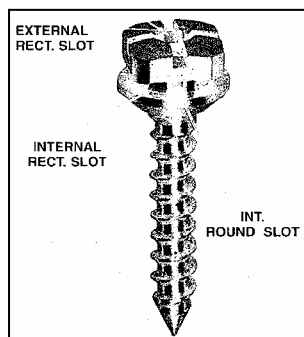


Figure 20: Présentation du spider screw. (34)

Voici un nouveau concept présenté par B. Giuliano Maino : il s'agit d'une mini-vis en titane auto-taraudante existant en trois longueurs différentes selon l'épaisseur des tissus mous : 7, 9 et 11 millimètres.

La tête de l'implant marque l'originalité de ce concept puisqu'elle est munie d'une rainure interne, d'une autre externe et d'une troisième tout autour de la tête. Cette tête existe en trois versions : profil plat, profil standard, profil très plat.

Cet implant est indiqué pour intruser les secteurs postérieurs et antérieurs d'une part et d'autre part en tant qu'ancrage direct pour des mouvements antéro-postérieurs.

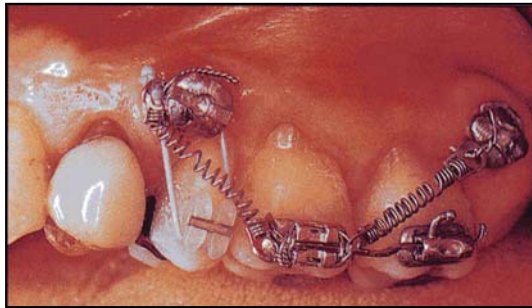


Figure 21: Intrusion du secteur postérieur par le Spider screw.(34)

- Chirurgie

Selon les auteurs, la mise en place des implants se fait le plus couramment au niveau de certains sites tels que:

- les tubérosités maxillaires
- la zone rétromolaire
- les zones d'édentations
- le septum inter-radiculaire
- le palais
- les procès alvéolaires sous les apex.

Une radio d'évaluation est recommandée avec l'utilisation d'un index pour déterminer le site d'insertion de la vis sans risquer de léser les éléments anatomiques voisins.

Dans l'étude, les auteurs utilisent un forêt pilote d'1,5 millimètres de diamètre monté sur pièce à main avec un stop correspondant à la longueur de l'implant.

Ils recommandent d'utiliser une vitesse lente sous irrigation d'eau stérile.

La mini-vis est insérée à l'aide d'un contre-angle puis la finition se fait à l'aide du tournevis correspondant.

Il ne faut réaliser qu'une petite incision de cinq millimètres dans la muqueuse sans lever de lambeau ou écarter les berges afin de découvrir l'os.

La mise en charge se fait le jour même de la chirurgie pour favoriser la stabilité mécanique : en effet, les mini-vis reposent plus sur des moyens mécaniques de rétention que sur l'ostéointégration. Les forces orthodontiques doivent donc être perpendiculaires à la direction de la vis, elles varient de 50 à 200 grammes selon la qualité de l'os et le mouvement désiré.

Il est juste conseillé au patient de procéder à des bains de bouche post-opératoires à la chlorhexidine 0,12% pendant une semaine et ensuite de suivre les règles d'hygiène habituelles.

La dépose se fait à l'aide du même tournevis que pour la pose et les tissus mous cicatrisent en quelques jours.

- Illustration par un cas clinique

B. Giuliano Maino présente le cas d'une patiente de 58 ans ayant une classe II d'Angle.

La deuxième prémolaire maxillaire droite et la première molaire sont absentes et remplacées par un bridge temporaire de la première prémolaire droite à la deuxième molaire droite maxillaire. Cette patiente présente également une incisive latérale droite en rotation.

L'objectif est de réaligner les dents maxillaires et de réaliser une reconstruction prothétique définitive esthétique.

Du fait d'un manque de place pour réaligner l'incisive maxillaire et aussi de la présence d'une seule dent postérieure ; la thérapeutique visant à rétracter la première prémolaire et la canine supérieures par un arc segmenté avec un ancrage adapté n'a pas été retenue.

Les auteurs envisagent alors la mise en place d'un implant spider screw au niveau du site de la deuxième prémolaire maxillaire afin de servir d'appui temporaire pour un bridge et permettre un ancrage suffisant pour rétracter canine et première prémolaire avec des forces élastiques de 150 grammes.

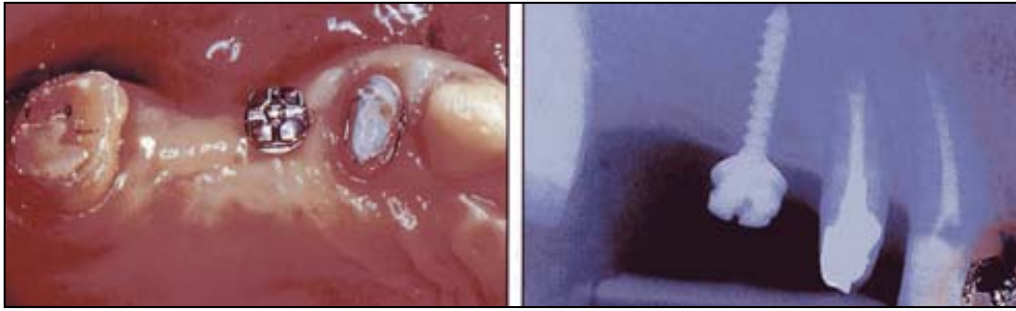


Figure 22: Spider screw mis en place. (34)

Une fois l'incisive latérale réalignée, l'implant spider screw est déposé et le bridge définitif peut être réalisé.



Figure 23: A. Après la rétraction. B. Dépose de l'implant. C. Restauration finale.

(34)

Un autre cas clinique présente une patiente de 45 ans au milieu inter-incisif dévié, classe I canine à gauche et tendance classe III à droite, refusant de porter des forces extra-orales pour une raison d'inconfort et refusant les brackets et les élastiques de classe II pour raison esthétique.

Dans ces circonstances, les auteurs préconisent donc l'utilisation du spider screw. Ils mettent ces implants et le traitement est réalisé chez cette patiente en 10 mois au total.

II.4.1.3- Les plaques

e- Les Mini-plaques

Le traitement des classes II d'Angle réclame souvent des mouvements d'intrusion ou de rétraction du bloc antérieur ; ainsi ces systèmes ont été mis en place pour obtenir un ancrage maximal ; ils peuvent être utilisés tant au niveau postérieur qu'au niveau antérieur du maxillaire et à la mandibule.

Cette technique a été introduite en 1983 par Creekmore. (20)

Ces mini-plaques d'ostéosynthèse en titane ont été reconnues efficaces dans le traitement des béances par Umemori et al. en 1999 (84) et confirmées en 2002 par Sherwood et al. (75).

Les mini-plaques se présentent également sous le terme de SAS : Skeletal Anchorage System ou système d'ancrage squelettique.

- Description

C'est un système sous forme de mini-plaque en titane perforée de trois trous.

Celle-ci est fixée à l'os par des vis monocorticales auto-taroudantes toujours placées hors de la zone alvéolaire au niveau du zygomatique ou du bord inférieur de la mandibule, permettant ainsi de constituer un système d'ancrage squelettique.

De Clerck a cherché à améliorer ce système en associant mini-vis et mini-plaque: la mini-plaque est reliée à l'unité de fixation par une barre de 1,5 millimètres de diamètre, totalement lisse, évitant ainsi les inflammations de la muqueuse péri-implantaire souvent signalées lors de l'utilisation de simples mini-plaques. Cette barre de connexion fait saillie dans le vestibule de la cavité buccale au travers de la muqueuse à un endroit bien précis : la ligne de jonction muco-gingivale. L'arc auxiliaire, qui relie l'unité d'ancrage à l'appareil orthodontique, est maintenu en s'interposant entre un élément de fixation et une vis de verrouillage.

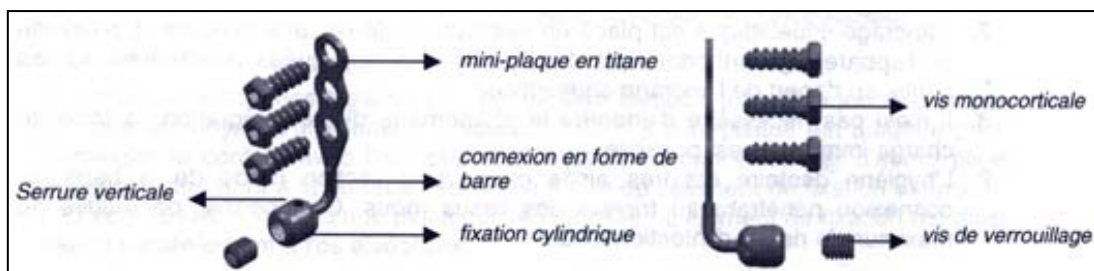


Figure 24: Le système d'ancrage squelettique selon De Clerck. (22)

- Indications

- Distalisation du secteur antérieur en cas d'extractions de prémolaires et du secteur postérieur et antérieur dans des cas de non extraction. La distalisation des molaires mandibulaires permet aux praticiens de corriger des articulés antérieurs inversés, des asymétries dentaires mandibulaires sans extraction et des encombrements du bloc incisivo-canin.

Sugawara et ses collaborateurs préconisent l'utilisation de ce système dans le traitement des malocclusions de classe III. (80)

- Mésialisation des dents postérieures
- Ingression (80)(75)
- Redressement de molaires mandibulaires versées
- Renforcement d'ancrage
- Traction inter-maxillaire orthopédique



Figure 25: Distalisation de l'arcade dentaire mandibulaire à l'aide de mini-plaque. (80)

- Contre-indications

- Inflammation et infection des tissus dans la zone à implanter
- Hygiène déficiente

- Technique chirurgicale pour une insertion par exemple à l'arcade zygomatique

La technique consiste à faire un lambeau muco-périosté en forme de « L » sous anesthésie locale: en incisant verticalement en mésial de la crête zygomatique à la partie inférieure et en incisant horizontalement à la limite gencive attachée et gencive libre.

La mini-plaque se retrouve alors en contact avec l'os cortical, sous apicalement aux molaires, la barre de connexion sortant alors perpendiculairement par rapport à la surface osseuse au niveau de la ligne de jonction muco-gingivale.

Trois trous d'un diamètre de 1,6 millimètre chacun sont réalisés afin de mettre les mini-vis et de fixer l'ensemble à l'arcade zygomatique.

Le lambeau sera alors repositionné et suturé avec du fil résorbable ; cette suture sera déposée 10 jours après. (22)

- Applications cliniques

L'avantage de ce système réside dans le fait que les forces orthodontiques peuvent être appliquées immédiatement après l'implantation mais il est recommandé d'attendre deux semaines de cicatrisation afin de préserver la muqueuse.

De Clerck présente une application sur 27 patients dans le cas d'une rétraction des canines supérieures ; en utilisant cette technique on observe une rétraction de 1,14 millimètre en moyenne par mois. Aucun implant n'a été perdu pour cette expérimentation. (22)

L'étude récente présentée par Sugawara et ses collaborateurs évalue la distance moyenne de rétraction des molaires mandibulaires par ce système : 3,5 millimètres +/- 1,4. (80)

- Avantages

- Possibilité d'ancrage maximal excellente et fiable
- Mise en charge immédiate possible
- Facilité de manipulation en cours de traitement pour changer l'arc
- Solution alternative aux forces extra-orales (79)
- Dépose simple dès que l'on en n'a plus d'utilité sous anesthésie locale par une petite incision verticale et dévissage à l'aide d'un tournevis spécifique.

- Temps de traitement orthodontique diminué (80).
- Inconvénients
 - Quelques oedèmes ont été observés dans les quelques jours qui ont suivi la chirurgie (22)
 - Quelques inflammations péri-implantaires ont été rapportées quand les implants sont placés trop haut dans le vestibule
 - Après la dépose trois trous d'un millimètre et demi de diamètre persistent.

f- L'implant Graz

Ce système a été décrit en 2000 par le docteur Byloff et ses collaborateurs. (16).

Ce dispositif comprend deux parties :

- une plaque d'ancrage fixée à l'os palatin par quatre vis identiques
- une partie mobile qui s'appelle un pendulum

L'implant Graz sera le support du pendulum, la littérature parle également de GISP pour décrire ce système.

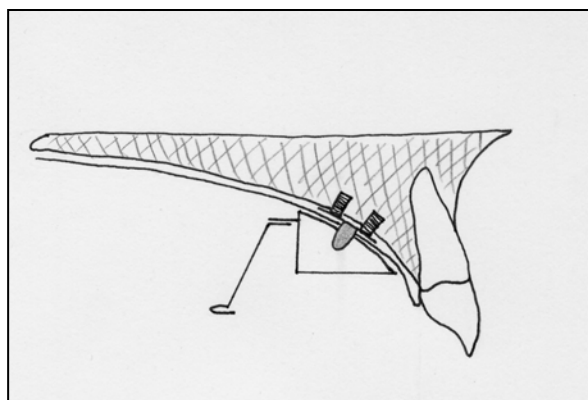


Figure 26: Schématisation du GISP mettant en évidence la plaque d'ancrage et le pendulum amovible d'après Byloff. (16)

- Indications

Ce dispositif est recommandé par les auteurs :

- pour distaler la première et deuxième molaire maxillaire chez l'adulte
- pour servir d'ancrage lors des mouvements orthodontiques en maintenant les molaires maxillaires précédemment distalées

Le pendulum original a été mis au point par Hilgers. (41)

Il s'agit d'une pièce en résine acrylique similaire au support de l'arc de Nance.

Deux petits ressorts métalliques sont ancrés dans la résine et viennent se loger dans le fourreau des bagues molaires afin de les distaler.

Ils sont activés avec des forces de l'ordre de 200 à 250 grammes.

La distalisation des molaires peut varier de 3,4 à 5,7 millimètres en 7 mois de traitement.

L'implant Graz a, quant à lui, été décrit par Kärcher. (16)

L'ancrage est une plaque chirurgicale (15 x 10 millimètres) d'ostéosynthèse en titane munie de trous pour des mini vis.

Au centre de la plaque se trouvent deux cylindres de 10 millimètres de long et 3,5 millimètres de diamètre qui viendront faire saillie dans la cavité buccale au travers de la muqueuse palatine.

La plaque peut être placée de telle façon que les deux cylindres se situent le long de la suture palatine mésio-distalement, et qu'elle soit fixée à la région palatine au moyen de quatre mini-vis de 5 millimètres de long.

Tout ceci est alors recouvert d'un lambeau muco-périosté réalisé pour laisser dépasser les deux cylindres.

Après une à deux semaines de cicatrisation, une empreinte est réalisée pour fabriquer le pendulum.

Le patient doit être vu toutes les quatre semaines afin de contrôler la longueur des arcs et l'activation des ressorts.

- Illustration clinique

L'équipe de Byloff (16) présente le cas d'une patiente de 21 ans en classe II d'Angle du côté droit et en bout à bout molaire et classe II canine à gauche.

Cette patiente présente un surplomb de 10 millimètres avec une infraclusion importante.

Toutes les dents sont présentes.

Les auteurs décident alors de traiter cette patiente avec ce dispositif pour distaler les dents maxillaires et obtenir une classe I d'Angle, la patiente n'étant pas favorable pour l'extraction de prémolaires pour des raisons esthétiques. Les dents de sagesse ont d'abord été extraites pour accroître l'espace nécessaire au recul.

Après 8 mois de traitement, à la fois la première et la deuxième molaire ont été distalées et replacées dans le cadre d'une classe I d'Angle. Le traitement entier a duré 22 mois avec un résultat très concluant tant sur le plan esthétique que fonctionnel.

- Avantages

- Gain de temps très important
- La mise en charge du système est très rapide
- Le principal avantage du GISP est sa très grande stabilité vis-à-vis des mouvements de rotation
- Activation possible de façon uni ou bilatérale

- Inconvénients

- Chirurgie invasive tant à la pose qu'à la dépose de la mini-plaque car nécessite de soulever un lambeau et de laisser les deux cylindres faire saillie dans la cavité buccale.
- Irritation locale relevée chez un patient
- Coût élevé

III.4.2- Implant sous-périosté

- Onplant de Nobel Biocare

Dahl est le premier auteur en 1941 à mettre en place en Suède des implants sous périostés en façonnant et en adaptant une forme standard. (21)

Forts des résultats des études sur les relations entre l'implantologie et l'orthodontie dans la recherche d'un ancrage absolu, Block et Hoffman sont allés plus loin en introduisant un nouveau concept en 1995 : le système onplant Nobel Biocare. (11)

- Présentation du système :

L'onplant se présente sous la forme d'un disque en titane relativement fin de 10 millimètres de diamètre et de 2 millimètres d'épaisseur. Le contact intime entre le tissu osseux et l'implant ne peut se réaliser que par une mouillabilité optimale produite par le revêtement granuleux de la surface de l'implant recouvert d'une couche d'hydroxy-apatite de 75 micromètres d'épaisseur.

L'autre face, en relation avec les tissus mous, est lisse et percée d'un trou.

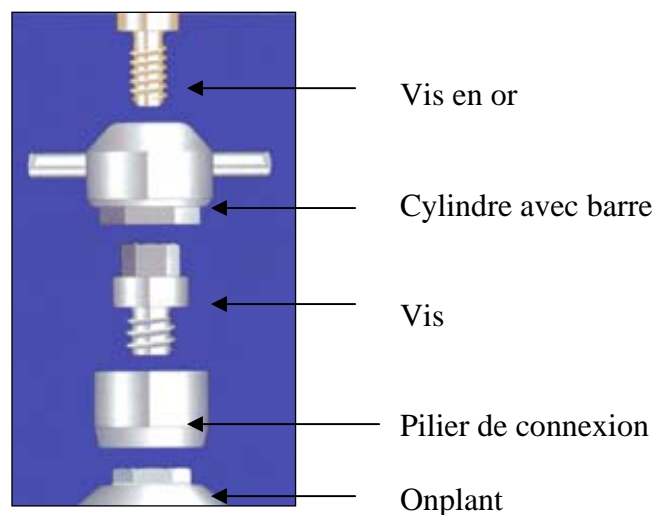


Figure 27: Présentation des différents éléments du système sous-périosté.(26)

- Etudes expérimentales :

De nombreuses études sur l'animal ont été réalisées par Block et Hoffman (11) pour évaluer ce nouveau système et tester sa stabilité quand il est soumis à des forces orthodontiques.

Ces auteurs ont traité quatre chiens par des onplants sous anesthésie générale. L'onplant a été posé par une incision de pleine épaisseur dans la région antérieure du palais après avoir réalisé deux tunnels sous périostés en postérieur pour éviter aux implants de migrer après leur insertion.

Après dix semaines de cicatrisation, les onplants ont été découverts par une incision circulaire et le pilier est mis en place. Puis celui-ci est relié à un ressort activé à la première prémolaire. Le suivi clinique a duré cinq mois et les résultats sont apparus prometteurs car les implants n'ont montré aucune différence entre les chargés et non chargés. La force nécessaire à séparer l'implant de son site a approximativement été évaluée à 160 livres, et il a pu être noté une stabilité positionnelle de l'onplant avec un rapprochement des prémolaires vers ce dernier.

Une autre étude a été réalisée chez le singe afin de démontrer l'utilisation de l'onplant en orthodontie pour renforcer l'ancrage molaire et permettre un recul du bloc antérieur maxillaire. Le taux de succès fut très encourageant.

- Protocole chirurgical (26)

L'étude de Feldmann et al. portent sur l'utilisation de l'onplant chez l'homme afin d'obtenir un ancrage maximal.

Celle-ci a concerné dix patients, représentant une grande variété de diagnostic orthodontique avec différents objectifs de traitement.

Avant la chirurgie sous anesthésie locale palatine, une antibioprophylaxie en flash de 2 grammes d'amoxicilline est effectuée.

L'onplant est introduit dans un tunnel sous périosté directement au contact de l'os par sa face recouverte d'hydroxy-apatite.



Figure 28: Introduction de l'onplant dans un tunnel sous périoste. (26)

Après la mise en place, les sutures sont réalisées et une compression immédiate au moyen d'une gouttière thermoformée fabriquée préalablement pour prévenir la formation d'un hématome et la migration de l'onplant est effectuée.

Au terme de seize semaines de cicatrisation, le pilier de connexion transmuqueux est mis en place après avoir déposé la vis de recouvrement à l'aide d'un emporte-pièce muqueux.



Figure 29: Pilier de connexion mis en place. (26)

Une fois la muqueuse cicatrisée, la barre d'ancrage transpalatine est confectionnée sur un modèle en plâtre réalisé à l'aide d'une empreinte avec l'analogue spécifique de l'onplant sécurisé par un cylindre de guidage.

Lorsque la barre et le cylindre sont en place, les thérapeutiques orthodontiques et leurs forces peuvent être utilisées classiquement.

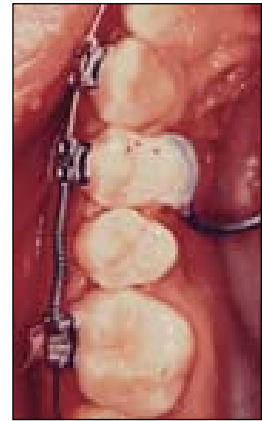


Figure 30: Situation clinique de l'onplant avec barre transpalatine mise en place et appareillage de distalisation molaire. (26)

Résultats :

Ils sont prometteurs même si l'expérience a été réalisée sur une période courte avec un nombre de patients assez restreint

Un onplant ne s'est pas intégré, conséquence sans doute, d'un mauvais contact os-onplant résultant d'un mauvais positionnement. Après une période de cicatrisation de trois mois, un nouvel onplant a été mis en place et s'est intégré normalement.

Un placement paramédian a été effectué et n'a posé aucun problème

L'utilité de la gouttière thermoformée a été démontrée pour prévenir l'hématome post-opératoire.

A ce jour, un ancrage maximal a été obtenu et même si l'étude n'est pas encore terminée, les traitements orthodontiques ont bien progressé.

- Avantages : (26)
 - L'ancrage obtenu par l'onplant est suffisant pour supporter des forces continues de 11 onces. La force d'extraction de l'onplant à son site osseux doit être supérieure à 160 livres.
 - Le système permet de fournir un ancrage absolu pour mobiliser les dents sans mobilité de l'onplant ; notamment pour la migration du secteur antérieur sans mésialiser les molaires.
 - Les patients réagissent très positivement au traitement.
 - Il n'y a pas eu de douleur, seul un léger inconfort les 24 premières heures post-opératoires.

- L'adaptation et le collage de la barre n'ont posé aucun problème.
 - Il n'y a pas eu de forage nécessaire
 - Une quantité d'os minimum n'est pas obligatoire.
 - La technique chirurgicale se fait sous anesthésie locale.
- Limites et inconvénients : (26)
 - Il est impératif d'avoir une hygiène parfaite au niveau de la barre et du pilier de connexion.
 - Un torus palatin de taille importante peut être considéré comme une limite significative à ce moyen thérapeutique.
 - Le procédé de mise en place de l'onplant peut être délicat si les tissus mous palatins sont fermes et très adhérents à l'os sous-jacent.
 - Il existe une contrainte du port de la gouttière en continu les 24 premières heures puis en intermittence pendant la semaine qui suit.
 - Deux temps chirurgicaux sont nécessaires: pour la pose et la dépose de l'onplant. La dépose de l'onplant a été décrite comme facile à réaliser en faisant un petit lambeau pour découvrir le site et déloger ainsi l'onplant du site osseux par un élévateur ou un syndesmotome. (4)
 - Un mauvais positionnement ou un manque de contact entre la face recouverte d'hydroxy-apatite et l'os peut entraîner un échec d'intégration.
 - L'échec ne peut être constaté que lors de la découverte de l'onplant et la dépose de la vis de cicatrisation. (17)

Le bilan de l'onplant est positif et encourageant mais gardons quand même à l'esprit que cette technique n'est encore qu'au stade de l'expérimentation et que les patients sont toujours en cours de traitement avec attente de confirmation des résultats.

Illustration par un cas clinique de Paul C. Armbruster : (4)

Un jeune patient de 13 ans présente un surplomb de 9 millimètres et une supraclusion de 6 millimètres.

Il est en classe II molaire et en bout à bout canin à droite, du côté gauche il est en bout à bout molaire et canin. Un plan de traitement sans extraction a été choisi avec l'utilisation de l'onplant dans un premier temps pour distaler les molaires et ensuite dans un second temps,

une fois la classe I molaire rétablie, pour rétracter le bloc antérieur. La distalisation des molaires a été réalisée en utilisant des forces de 200 grammes.

Après dix mois, une classe I molaire a été obtenue, les secondes prémolaires ont aussi été distalées permettant ainsi la création d'espace entre la première et la deuxième prémolaire.

Suite à cette phase, ils ont procédé à la rétraction du segment antérieur.

III.4.3- Implant biodégradable : le BIOS

Bien que les implants soient jugés très satisfaisants pour remplir une fonction d'ancrage, ils nécessitent cependant une seconde intervention chirurgicale pour leur dépose, aussi minime soit-elle, à la fin du traitement orthodontique; ce qui peut représenter un obstacle pour le patient.

C'est pourquoi Glatzmaier et al. introduisent en 1996 un nouveau concept dit «idéal» d'un implant stable pouvant assumer la fonction d'ancrage absolu pendant une période adéquate au traitement puis pouvant être résorbé par les tissus. (35)

Cette notion a permis d'introduire une nouvelle recherche sur le « biodegradable implant anchor for orthodontic system » (BIOS).

Cet implant, en polylactide alpha-polyester biodégradable, doit pouvoir assumer un ancrage stable pendant 9 à 12 mois puis être résorbé sans laisser de trace de matériau résiduel ni de signe inflammatoire.

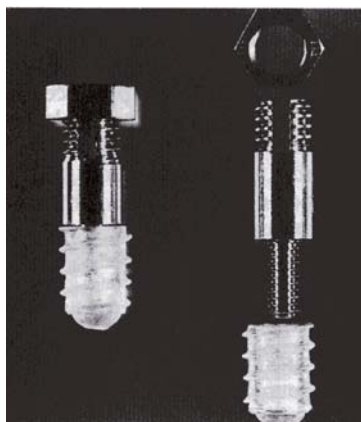


Figure 31: L'implant BIOS (35)

Le BIOS est un implant constitué de deux parties :

- un corps endo-osseux en copolymères de polylactides LDL biodégradables
- un pilier métallique pour suprastructure fixé au moyen d'un filetage externe.

Le matériau du corps résorbable a déjà été utilisé pour quelques cas cliniques en tant que matériau d'ostéosynthèse en traumatologie.

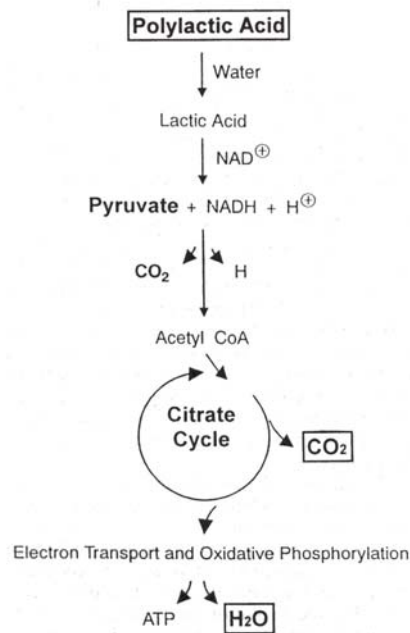


Figure 32: Schéma de la dégradation des polylactides (35)

L'implant résorbable se calque sur le modèle de l'implant ITI-Bonefit (Straumann, Suisse) avec une longueur de 6 millimètres, ce qui permet d'utiliser les instruments implantaires conventionnels et les techniques chirurgicales usuelles.

Les auteurs ont réalisé des tests précliniques pour évaluer les capacités des implants BIOS à supporter des forces orthodontiques en comparaison avec des implants ITI-Bonefit classiques. Dans l'étude publiée, les tests montrent que les implants BIOS ont des capacités biomécaniques inférieures aux implants conventionnels mais qu'ils peuvent toutefois supporter des charges suffisantes pour un traitement orthodontique.

Par ailleurs, ils ont remarqué que la faiblesse du système réside dans la connexion instable entre la pièce métallique et l'implant résorbable. (35)

Forts des résultats obtenus in vitro, des études cliniques pilotes sont actuellement réalisées avec des aires de localisation proposées pour un usage purement orthodontique telles que la région alvéolaire maxillaire et mandibulaire, la région palatine médiane et la région rétromolaire.

Ce nouveau type d'implant pose cependant le problème de la cinétique de dégradation des implants BIOS in vivo sous l'effet de forces orthodontiques constantes.

CONCLUSION

Dans cette étude, nous nous sommes attachés à démontrer les liens qui tendent à unir Orthodontie et Implantologie dans le domaine de l'ancrage.

Tout d'abord, la première partie nous a permis de définir les concepts biomécaniques fondamentaux nécessaires à la compréhension des mouvements dentaires.

Il est notamment capital de connaître l'histophysiologie de l'environnement dentaire, de définir l'ancrage orthodontique, et d'étudier les principes mécaniques des différents dispositifs pour renforcer l'ancrage.

Puis, une deuxième partie nous a permis de mettre en évidence l'apparition de nouvelles perspectives en particulier en orthodontie grâce à l'avènement des travaux de Bränemark sur l'ostéointégration.

En effet, l'implantologie, de par sa fiabilité et son efficacité, vient aujourd'hui apporter son concours à l'ODF.

Ainsi, l'utilisation de l'ancrage implantaire peut être considérée comme un progrès majeur pour un meilleur contrôle des forces orthodontiques avec un minimum de contraintes.

Après une analyse des applications cliniques chez l'animal et chez l'homme, nous avons évoqué différents dispositifs d'ancrage implantaire utilisés actuellement selon deux grandes catégories : les implants orthoprothétiques ou les implants limités à la durée du traitement orthodontique, l'implant ne constituant plus la finalité.

Dans tous les cas, il nous semble que chaque technique doit s'envisager par rapport à la situation clinique et être adaptée pour coïncider au mieux avec les contraintes générées dans le cadre d'une analyse coûts, bénéfices, sécurité.

Les résultats publiés paraissent très encourageants et les perspectives futures d'une collaboration plus étroite entre implantologiste et orthodontiste s'avèrent nombreuses.

« Si tout était éclairé d'un seul coup, la science serait finie ; cela ne sera jamais, et chaque question résolue laisse toujours à côté d'elle des questions nouvelles à résoudre, car, toutes les fois qu'une expérience parvient à lever un doute elle nous en montre dix nouveaux à élucider. »

Claude BERNARD (Leçon sur la physiologie et la pathologie du système nerveux.)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADELL R, LEKHOLM J, ROCKLER B et al.

A fifteen year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaws.
J Oral Surg 1981; **10**:387-416.

2. ALBREKTSSON T et LEKHOLM U.

Osseointegration : Current state of the art.
Dent Clin North Am 1989; **33**:537-554.

3. ALBREKTSSON T, ZARB G, WORTHINGTON P et al.

The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success.

Int J Oral Maxillofac Implants 1986 ;**1** :11-25.

4. ARMBRUSTER PC et BLOCK MS.

Onplant-supported orthodontic anchorage.

Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2001; **9**(1):53-74.

5. BARIL C.

Biomechanics.

Montréal : Université de Montréal, 1970.

6. BASSIGNY F.

Manuel d'orthopédie dento-faciale. 2^{ème} ed.

Paris: Masson, 1991.

7. BERNHART T, VOLLGRUBER A, GAHLEITNER A et al.

Alternative to the median region of the palate for placement of an orthodontic implant.

Clin Oral Implants Res 2000;**11**:595-601.

8. BERT M.

Les implants dentaires.

Paris: CdP, 1986.

9. BERT M et MISSIKA.

Implantologie chirurgicale et prothétique.

Paris: CdP, 1996.

10. BJORK A.

The use of metallic implants in the study of facial growth in children: method and application.

Am J Phys Anthropol 1968; **29**: 243-254.

11. BLOCK MS et HOFFMANN DR.

A new device for absolute anchorage for orthodontics.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1995; **3**: 251-258.

12. BRANEMARK PL et ZARB G et ALBREKTSSON T.

Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry.

Chicago: Quintessence, 1985.

13. BURSTONE CJ.

Rationale of the segmented arch.

Am J Orthod 1962; **48**: 805-822.

14. BURSTONE CJ.

The segmented arch approach to space closure.

Am J Orthod 1982; **82**:361-378.

15. BURSTONE CJ.

Biomechanics of the orthodontic appliance

In: T.M. GRABER, ed. Current orthodontic concepts and techniques. Volume 1.

Philadelphia : W.S. Saunders, 1969.

16. BYLOFF FK, KARCHER H, CLAR E et al.

An implant to eliminate anchorage loss during molar distalization: a case involving the Graz implant-supported pendulum.

Int J Adult Orthod Orthognath Surg 2000;**15**:129-137.

17. CELENZA F et HOCHMAN MN.

Absolute anchorage in orthodontics: Direct and indirect implant-assisted modalities.

J Clin Orthod 2000;**34**:397-402.

18. CHATEAU M.

Orthopédie dento-faciale. Tome 2.

Paris : CdP, 1993.

19. COSTA A et RAFFAINI M et MELSEN B.

Miniscrews as orthodontic anchorage: A preliminary report.

Int J Adult Orthod Orthognath Surg 1998;**13**:201-209.

20. CREEKMORE TD et ELKUND MK.

The possibility of skeletal anchorage.

J Clin Orthod 1983;**17**:266-269.

21. DAVARPANAH M, MARTINEZ H et al.

Manuel d'implantologie clinique.

Paris : CdP, 1999.

22. DE CLERCK H et GEERINCKX V et SICILIANO S

The zygoma anchorage system.

J Clin Orthod 2002; **36**:455-60.

23. DE NEVREZE cité par MULLER H.

Introduction à la pratique de l'orthopédie dento-faciale et de l'orthodontie.

A.G.E.C.D. 5^{ème} édition Paris, 1970.

24. DOUGLASS JB et KILLIANY DM.

Dental implants used as orthodontic anchorage.

J Oral Implant 1987;**13**:23-38.

25. DRAGO CJ.

Use of osseointegrated implants in adult orthodontic treatment: A clinical report.

J Prosthet Dent 1999 ;**82**:504-509.

26. FELDMANN I, FELDMANN H et LUNDSTROM F.

Onplants de Nobel Biocare pour ancrage orthodontique.

J Parodontol Implantol Orale 2000;**19**:361-371.

27. FILLEUL MP, BURSTONE C, CHABRE C et al.

Ancrage sagittal et les techniques multi-attaches.

Orthod Fr 1996 ;**67**: 283-335.

28. FONTENELLE A.

Notions de mécanique.

In: CHATEAU M., ed. Orthopédie dento-faciale- Bases fondamentales.

Paris: Prélât, 1979.

29. FREEMAN DC.

Root surface area related to anchorage in the Begg technique.

Memphis : Master's Thesis, University of Tennessee, 1965.

30. FREEMAN RS.

Adjusting ANB angles to reflect the effect of maxillary position.

Angle Orthod 1981; **51**:162-171.

31. FREUDENTHALER JW, HAAS R et BANTLEON HP.

Bicortical titanium screws for critical anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications.

Clin Oral Implants Res 2001;**12**:358-363.

32. FRIBERG B, GRONDAHL K et LEKHOLM U.

A new self-tapping Bränemark implant: clinical and radiographic evaluation.

Int J Oral Maxillofac Implants 1992;**7**:80-85.

33. GAINSFORTH BL et HIGHLEY LB.

A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone.

Am J Orthod Oral Surg 1945;**31**:406-417.

34. GIULIANO MAINO B, BEDNAR J, PAGIN P et al.

The spider screw for skeletal anchorage.

J Clin Orthod 2003;**37**:91-97.

35. GLATZMAIER J, WHERBEIN H et DIEDRICH P.

Biodegradable implants for orthodontic anchorage. A preliminary biomechanical study.

Eur J Orthodont 1996;**18**:465-469.

36. GOODACRE CJ, BROWN DT, ROBERTS WE et al.

Prosthetic considerations when using implants for orthodontic anchorage.

J Prosthet Dent 1997;**77**:162-170.

37. GOULD TR, BRUNETTE DM et WESTBURY L.

The attachment mechanism of epithelial cells to titanium in vitro.

J Periodont Res 1981;**16**:611.

38. GUYMAN GW, KOKICH VG et OSWALD RJ.

Ankylosed teeth as abutments for palatal expansion in the rhesus monkey.

Am J Orthodont 1980;**77**:486-499.

39. HANSSON HA, ALBREKTSSON T et BRANEMARK PI.

A structural aspect of the interface between tissue and titanium implants.

J Prosthet Dent 1983;**50**:108-113.

40. HIGUCHI KW et SLACK JM.

The use of titanium fixtures for intra oral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement.

Int J Oral Maxillofac Implant 1991;**6**:334-344.

41. HILGERS JJ.

The pendulum appliance for class II non-compliance therapy.

J Clin Orthod 1992;**16**:706-714.

42. HIXON EH.

On force and tooth movement.

Am J Orthod 1970; **57**:476-487.

43. HODOSH M, POVAR M, SHKLAR G et al.

Strength and biocompatibility of polymethacrylate-silica composite dental implant materials.

J Prosthet Dent 1980;**43**:197.

44. HUBBARD GW et NANDA RS.

A cephalometric evaluation of nonextraction cervical headgear treatment in class II: a cephalometric and biometric investigation.

Angle Orthod 1994;**64**:359-360.

45. IZARD G.

Le diagnostic.

In: Orthodontie (Orthopédie Dento-faciale). 3^{ème} ed.

Paris : Masson, 1950:191-193.

46. JARABACK JR et FIZEL JA.

Technique and treatment with the light wire appliance.

Saint Louis : Mosby, 1963.

47. KANOMI R.

Mini-implant for orthodontie anchorage.

J Clin Orthod 1997;**31**:763-67.

48. KANOMI R, DEGUCHI T, TAKANO-YAMAMOTO T et al.

The use of small titanium screws for orthodontic anchorage.

J Dent Res 2003;**82**:377-381 .

49. KOKICH VG.

Managing complex orthodontic problems: the use of implants for anchorage.

Semin Orthod 1996 ;**2**:153-160.

50. LANGLADE M.

Thérapeutique orthodontique. 3^{ème} édition.

Paris : Maloine, 1986.

51. LAROUSSE.

Le petit Larousse illustré.

Paris: Larousse, 2001.

52. LEJOYEUX E et FLAGEUL F.

Orthopédie dento-faciale. Une approche bioprogressive.

Paris : Quintessence, 1999.

53. LEMASSON C.

Congrès de la société française d'orthopédie dento-faciale (62, 1989, Bordeaux)

Le contrôle du sens vertical dans le level « anchorage system » du Dr ROOT.

Orthod Fr 1989;**60**:251-264.

54. LINKOW LI.

Implanto-orthodontics.

J Clin Orthod 1970;**4**:685-705.

55. MAREUIL P et DENES L.

Pour une approche des relations entre l'orthodontie et l'implantologie

Rev Orthop Dento Faciale 1992;**26**:465-490.

56. MELSEN B.

Effects of cervical anchorage during and after treatment. An implant study.

Am J Orthod 1978;**73**:526-540.

57. MELSEN B et BOSCH C.

Different approaches to anchorage : a survey and an evaluation.

Angle Orthod 1997;**67**:23-30.

58. MELSEN B.

Widening the orthodontic possibilities with the Åarhus anchorage.

Parodontol Implantol Orale 2000 ;**19**:333-347.

59. MITCHELL DL. et WEST JD.

Attempted orthodontic movement in the presence of suspected ankylosis.

Am J Orthod 1975;**68**:404-411.

60. ODMAN J, LEKHOLM U, JEMT T et al.

Osseointegrated titanium implants – A new approach in orthodontic treatment.

Eur J Orthod 1988;**10**:98-105.

61. PAREL SM, BRANEMARK PI et JANSSON T.

Osseointegration in maxillofacial prosthetics. Part I: Intraoral applications.

J Prosthet Dent 1986;**55**:490-494.

62. PARK HS.

The skeletal cortical anchorage using titanium microscrew implants.

Korea J Orthod 1999;**29**:699-706.

63. PARK HS.

A new protocol of the sliding mechanics with micro-implant anchorage.

Korea J Orthod 2000;**30**:677-685.

64. PARK HS, BAE SM, KYUNG HM et al.

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

J Clin Orthod 2001;**35**:417-422.

65. PARK HS, BAE SM, KYUNG HM et al.

Clinical application of micro-implant anchorage.

J Clin Orthod 2002;**36**:298-302.

66. PARK HS, BAE SM, KYUNG HM et al.

Development of orthodontic micro-implants for intra-oral anchorage.

J Clin Orthod 2003 ;**37**:321-328.

67. PARK HS et KWON OH et SUNG JH.

Uprighting second molars with micro-implant anchorage.

J Clin Orthod 2004;**38**:100-103.

68. PHILIPPE J et ALTOUNIAN G et CHABRE C.

L'orthodontie de l'adulte.

Vanves :S.I.D, 1989.

69. QUINN RS et YOSHIKAWA DK.

A reassessment of force magnitude in orthodontics.

Am J Orthod 1985;**88**:252-260.

70. ROBERTS WE, SMITH, ZILBERMAN et al.

Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implant.

Am J Orthod 1984;**86**:95-111.

71. SCHWARTZ AM.

Die Zahn, mund und kieferheilkunde.

München: Schwartzemberg, 1954.

72. SENNERBY L, ODMAN J, LEKHOLM U et al.

Tissue reactions towards titanium implants inserted in growing jaws. A histological study in the pig.

Clin Oral Implants Res 1993;**4**:65-75.

73. SHAPIRO PA et KOKICH VG.

Treatment alternatives for children with several maxillary hypoplasia.

Eur J Orthod 1984;**6**:41-147.

74. SHERMAN AJ.

Bone reaction to orthodontic forces on vitreous carbon dental implants.

Am J Orthod 1978;**74**:79-87.

75. SHERWOOD KH et BURCH JG et THOMPSON WJ.

Closing anterior open bites by intruding molars with titanium miniplate anchorage.

Am J Orthod Dentofac Orthop 2002;**122**:593-600.

76. SMALLEY WM, SHAPIRO PA, HOHI TH et al.

Osseointegrated titanium for maxillofacial protraction in monkeys.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1988;**94**:285-295.

77. STOREY R et SMITH R.

Force in orthodontics and its relation in tooth movement.

Aust Dent J 1952;**56**:11-18.

78. STRAUMANN DENTAL (Laboratoire).

Documentations sur les implants orthodontiques.

Waldenburg : Institut Straumann AG, 2003.

79. SUGAWARA J.

Dr. J. SUGAWARA on the skeletal anchorage system (interview).

J Clin Orthod 1999;**33**:689-697.

80. SUGAWARA J, DAIMARUYA T, UMEMORI M et al.

Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system.

Am J Orthod Dentofac Orthop 2004;**125**:130-138.

81. THUROW RC.

Atlas of orthodontic principles.

Saint Louis : Mosby, 1970.

82. TRISI P et REBAUDI A.

Progressive bone adaptation of titanium implants during and after orthodontic load in humans.

Int J Periodont Rest Dent 2002;**22**:31-43.

83. TURLEY PK, KEAN C, SCHNUR J et al.

Orthodontic force application to titanium endosseous implants.

Angle Orthod 1988;**58**:151-162.

84. UMEMORI M, SUGAWARA J, MITANI H et al.

Skeletal anchorage system for open-bite correction.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1999;**115**:166-174.

85. VAN ROEKEL NB.

The use of Bränemark system implants for orthodontic anchorage: Report of case.

Int J Oral Maxillofac Implants 1989 ;**4**:341-344.

86. WEHRBEIN H, GLATZMAIËR J, MUNDWILLER U et al.

The Orthosystem- a new implant System for orthodontic anchorage in the palate.

J Orofac Orthop 1996;**57**:142-153.

87. WEHRBEIN H, MERZ BR, DIEDRICH P et al.

The use of palatal implants for orthodontic anchorage. Design and clinical application of the Orthosystem.

Clin Oral Implant Res 1996;**7**:410-416.

88. WEHRBEIN H, GLATZMAIER J et YILDIRIM M.

Orthodontic anchorage capacity of short titanium screw implants in the maxilla. An experimental study in the dog.

Clin Oral Implant Res 1997;**8**:131-141.

89. WEHRBEIN H et MERZ BR

Aspects of the use of endosseous palatal implants in orthodontic therapy.

J Esthet Dent 1998;**10**:315-324.

90. WILKE HJ, CLAES L et STEINEMANN S.

The influence of various titanium implants surfaces on the interface shear strength between implant and bone.

In: HEINKE G., SOLTESZ U., LEE A.J.C., eds. Advances in biomaterials. Volume 9.

Amsterdam : Elsevier, 1990.

91. WILLEMS G, CARELS CEL, NAERT IE et al.

Interdisciplinary treatment planning for orthodontic-prosthetic implant anchorage in a partially edentulous patient.

Clin Oral Implant Res 1999;**10**:331-337.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Rétraction des dents antérieures par ancrage implantaire orthoprotétique. (25)

Figure 2 : Présentation de l'orthosystème de Straumann. (71)

Figure 3 : Protocole chirurgical de l'orthosystème.(78)

Figure 4 : Radiographie de profil et moulage en plâtre. (78)

Figure 5 : Début du traitement après extraction de 14 et 24.(78)
Fermeture des sites post- extractionnels.(78)

Figure 6 : Téléradiographie de profil à la fin du traitement avec diminution de 8 mm environ du surplomb. (78)

Figure 7 : Les différentes étapes du protocole chirurgical des mini-implants. (47)

Figure 8 : Schématisation de l'action d'un implant rétro-molaire en tant qu'ancrage postérieur d'après Roberts. (70)

Figure 9 : Micro-implants de Park pour ancrage orthodontique. (66)

Figure 10 : Schéma du redressement de l'axe molaire par micro-implant. (67)

Figure 11 : Rétraction du segment antérieur par micro-implant.(64)

Figure 12 : Ingression molaire par micro-implant.(64)

Figure 13 : Photographies avant le traitement orthodontique. (64)

Figure 14 : Dispositif orthodontique avec les mini-implants. (64)

Figure 15 : Photographies après 18 mois de traitement. (64)

Figure 16 : Emplacement des micro-implants au maxillaire et à la mandibule. (66)

Figure 17 : Présentation du système d'ancrage Aarhus.(58)

Figure 18 : Illustration clinique de l'utilisation de l'ancrage Aarhus dans un procès alvéolaire.(58)

Figure 19 : Schéma sur les différents lignes d'action de l'ancrage Aarhus selon les sites d'insertion. (58)

Figure 20 : Présentation du spider screw. (34)

Figure 21 : Intrusion du secteur postérieur par le Spider screw.(34)

Figure 22 : Spider screw mis en place. (34)

Figure 23 : A. Après la rétraction. B. Dépose de l'implant. C. Restauration finale. (34)

Figure 24 : Le système d'ancrage squelettique selon De Clerck. (22)

Figure 25 : Distalisation de l'arcade dentaire mandibulaire à l'aide de mini-plaque. (80)

Figure 26: Schématisation du GISP mettant en évidence la plaque d'ancrage et le pendulum amovible d'après Byloff. (16)

Figure 27: Présentation des différents éléments du système sous-périosté.(26)

Figure 28 : Introduction de l'implant dans un tunnel sous périosté. (26)

Figure 29: Pilier de connexion mis en place. (26)

Figure 30: Situation clinique de l'onplant avec barre transpalatine mise en place et appareillage de distalisation molaire. (26)

Figure 31: L'implant BIOS. (35)

Figure 32: Schéma de la dégradation des polylactides. (35)

Avec l'aimable autorisation des différents auteurs et maisons d'édition à reproduire les photos et schémas pour l'élaboration de cette thèse.

	N°
<p>BOULARD (Christelle).- L'ancrage implantaire en ODF : Aspects théoriques.- 117f., ill., graph., 30 cm.- (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2004) N°</p>	
<p><u>Résumé de la thèse :</u></p> <p>Cette thèse présente différents systèmes d'ancrage implantaire utilisables à ce jour dans le cadre d'une thérapeutique orthodontique.</p> <p>Trois aspects y sont développés : les concepts biomécaniques liés à l'orthodontie, les perspectives implantaires en orthodontie et les principaux dispositifs d'ancrage implantaire proposés actuellement.</p> <p>L'ancrage implantaire peut se diviser en deux catégories : d'une part les implants orthoprothétiques ; d'autre part les implants temporaires, limités à la durée du traitement orthodontique.</p> <p>Ces évolutions en implantologie permettent d'envisager de nouvelles perspectives intéressantes dans le domaine de l'ancrage, du contrôle des forces et dans la maîtrise du temps de traitement.</p>	
<p><u>Rubrique de classement :</u> Orthodontie</p> <p style="text-align: center;">Implantologie</p>	
<p><u>Mots-clés :</u> - Orthodontie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implant dentaire - Biomécanique 	
<p><u>MeSH :</u> - Orthodontics</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dental implant - Biomechanics 	
<p><u>Jury :</u> Président M. Le Professeur Bernard GIUMELLI</p> <p>Assesseurs M. Le Professeur Alain DANIEL</p> <p style="padding-left: 100px;">M. Le Docteur Saïd KIMAKHE</p> <p style="padding-left: 100px;">M. Le Docteur Laurent WACHTER</p> <p><u>Directeur :</u> M. Le Docteur Marc-Henri NIVET</p>	
<p style="text-align: center;"><u>Adresse de l'auteur :</u> BOULARD Christelle 9 rue François-Albert 44200 NANTES</p>	