

ACADEMIE DE PARIS
UNIVERSITE PARIS DESCARTES (PARIS 5)
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE
(1 rue Maurice Arnoux 92120 Montrouge)

Année 2012

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
POUR LE CERTIFICAT D'ETUDES CLINIQUES SPECIALES
MENTION ORTHODONTIE

Présenté et soutenu publiquement le : 03 Décembre 2012

Par Maud Skinazi

Les implants mixtes dans le cadre d'un traitement
pluridisciplinaire : intérêt de la prévisualisation
thérapeutique

Directeur de Mémoire : M. le Professeur A. Decker

Co-directeur : K. Davarpanah

Remerciements :

- A mon père, qui m'a orienté vers la voie de l'orthodontie. Pour ses conseils avisés et son soutien.
- A mon frère, pour qui 3 mots ne suffiraient pas à exprimer ce qu'il est pour moi
- A Mélanie, pour son amitié, sa sincérité et ses grandes qualités de coeur
- A ma maman, sans doute celle qui aurait été la plus fière de ma réussite
- A Patrick pour l'intérêt qu'il a porté à ce mémoire
- A M. le Professeur A. Lautrou
- A M. le Professeur A. Decker pour la direction de ce mémoire et son dynamisme
- A Keyvan, à l'origine de ce travail, pour son aide à la rédaction de ce mémoire
- A mes collègues cecsmistes (Sophie, Sabrina, Alina, Florence, Julie, Marion, Yael)
- A mes amis

**Les implants mixtes dans le cadre d'un traitement
pluridisciplinaire :
Intérêt de la prévisualisation thérapeutique**

Sommaire :

Les implants mixtes dans le cadre d'un traitement pluridisciplinaire :.....	2
Sommaire :	3
Introduction	5
I. Recherche bibliographique :	6
A- Littérature ancienne.....	7
1- Historique :	7
2- Stabilité clinique des implants Bränemark	7
3- Remodelage osseux autour des implants	9
4- Notion d'ancrage orthodontique :	9
5- Les ancrages conventionnels :	9
6- Les ancrages osseux :	10
7- Avantages et inconvénients des différents ancrages osseux: (1)(2)(13)	10
8- Ancre direct ou indirect.....	13
9- Mouvements orthodontiques limites/ mouvements squelettiques	13
B- Littérature des 10 dernières années :	14
1- Taux de succès des ancrages osseux :	15
2- Stabilité : oui mais... ..	16
3- Autour des implants mixtes : (26).....	16
4- Forces occlusales et forces orthodontiques :	17
5- Etude pré-implantaire : (29).....	18
6- Apport de l'orthodontie à l'implantologie :	20
7- Protocole décrit par Smalley pour les implants conventionnels à fonction mixte :	21
8- Réalisation du modèle diagnostique et autre méthode de transfert décrite par Kokisch :	28
9- Choix du système de liaison de l'implant à l'appareillage orthodontique	30
II. Nouveau protocole de prévisualisation du projet orthodontique et implantaire à l'aide du logiciel Simplant	32
1) Examen clinique et examens complémentaires :	33
1- Examen clinique :	33
2- Modèles en plâtre :	34
3- Montage en articulateur :	34
4- Réalisation du jig occlusal :	34
2) Acquisition radiologique :	35
3) Réalisation du set up orthodontique	35
4) Planification informatique tridimensionnelle.....	37
1- Importation des données DICOM :	37
2- Segmentation :	37
3- le nettoyage 3D	38
4- Choix des coupes anatomiques	38
5- Importation des fichiers STL correspondants à l'acquisition surfacique des modèles initiaux et des modèles diagnostiques dits finaux	38
6- Simulation chirurgicale :	39
7- Avantages et inconvénients de la planification 3D.....	42
III. Présentation d'un cas clinique :	44
1) Dossier avant traitement :	45
1- Historique et présentation générale :	45
2- Examen clinique :	45
3- Examens complémentaires :	48

4- Diagnostic :	52
5- Objectifs de traitement :	54
6- Moyens thérapeutiques :	55
2) Mise en place du protocole :	56
1) Examen radiologique :	56
2) Etude clinique :	56
3) Planification informatique :	59
4) Simulation chirurgicale :	61
5) Chirurgie guidée :	64
6) Mise en place de la couronne provisoire sur le pilier implantaire de 15 :	65
7) traitement orthodontique :	65
Conclusion	

Introduction

L'orthodontie et l'implantologie sont deux disciplines de l'odontologie en plein essor. La demande des patients est forte et l'intérêt des praticiens croissant.

Ces deux branches de la dentisterie partagent un objectif commun, la réhabilitation orale sur le plan fonctionnel et esthétique.

Le traitement orthodontique s'est largement démocratisé et s'adresse de plus en plus aux patients adultes. Néanmoins, les difficultés techniques rencontrées lors de la prise en charge de ces patients restent majeures. En effet, une des problématiques est le déficit d'ancrage.

Divers ancrages osseux ont été proposés pour pallier à ce déficit d'ancrage et s'affranchir de la 3^{ème} loi de réciprocité d'action de Newton.

Nous décrivons ici la partie orthodontique d'un nouveau protocole. Il s'adresse aux patients adultes, adressés par un confrère dentiste ou venant en consultation orthodontique pour un alignement dentaire, qui présentent un édentement unitaire ou partiel, un ancrage naturel faible et des compensations dentaires importantes de l'édentement. Ce protocole utilise des implants dentaires conventionnels dont la fonction est mixte. Recouverts d'une prothèse provisoire, ils assurent lors du traitement orthodontique un ancrage absolu. Puis, lorsque l'occlusion optimum a été reconstruite, ils servent de racine artificielle à une prothèse implanto-portée d'usage pour compenser l'édentement et rétablir la fonction et l'esthétique. Ainsi, dans cette nouvelle prise en charge, le calendrier thérapeutique habituel est inversé : la chirurgie implantaire précède le traitement orthodontique.

L'élément novateur est la prévisualisation 3D sur informatique du résultat final. Les données issues de l'acquisition radiologique et du set up orthodontique permettent le positionnement virtuel des implants dans la future occlusion en respectant des critères implantaires et prothétiques précis. Le transfert fidèle en clinique est assuré par la chirurgie guidée.

Seule une approche pluridisciplinaire et une étroite collaboration entre les différents praticiens intervenants permet de mener à bien ce type de traitement.

La première partie de ce mémoire est consacrée à une revue de littérature sur les implants dentaires conventionnels à fonction mixte et plus succinctement aux autres ancrages osseux disponibles. La méthode de Smalley, le premier auteur à avoir publié un protocole de pose d'implants dentaires conventionnels à fonction mixte, est ensuite décrite. Dans une deuxième partie, nous proposons un protocole nouveau basé sur la prévisualisation thérapeutique 3D sur informatique pour traiter les patients orthodontiques présentant un édentement. Un cas clinique, traité au sein de l'hôpital Bretonneau, illustre ce protocole.

I. Recherche bibliographique :

Une recherche bibliographique sur la base de données Pubmed est menée en utilisant les mots Mesh suivants « osseointegrated implant and orthodontics ». 109 articles sont ainsi sélectionnés. Après lecture des titres et résumés, seulement 30 articles sont retenus.

A ceci s'ajoute la bibliographie ascendante et quelques ouvrages.

Si l'on émet des limites (articles en anglais, concernant l'humain, Randomized controlled trial, Méta-analyse, Practice guideline, Systematic Review), à cette recherche pour mieux cibler le sujet et accroître la valeur scientifique, alors seuls 7 articles sont sélectionnés et seulement 2 sont retenus.

La littérature concernant les implants mixtes est pauvre ; beaucoup d'articles portent sur les implants palatins et les implants temporaires.

La valeur scientifique est faible ; beaucoup d'articles étant des exposés de cas cliniques.

A- Littérature ancienne

1- Historique :

Gainsforth et Higley en 1945 chez le chien, Linkow en 1969, Smith, Sherman et Turley sont les premiers à avoir utilisé des implants pour la réalisation de mouvements orthodontiques. Les implants étaient alors en vitallium, en bioglass-coated aluminium oxide, en vitreous carbon sous forme de vis ou d'implants lames. Ces expériences se sont pour la plupart soldées par un échec ou alors, n'ont pas fait l'objet de publication à long terme.

(15)(22)(24)(31)(32)(40)

Les travaux de Bränemark réalisés entre 1964 et 1969 mettent en évidence une liaison directe de l'os à l'implant en titane assurant à ce dernier une stabilité à long terme.(24)

Cette découverte du concept d'ostéointégration liée à l'utilisation du titane s'est avérée fondamentale car elle offrait enfin à ces systèmes une bonne fiabilité dans le temps. La dentisterie prothétique a largement bénéficié de ces avancées scientifiques. Des reconstructions prothétiques sur implants chez les édentés complets, au traitement des édentements partiels et de l'édentement unitaire, l'implant en titane a révolutionné et continue de révolutionner le monde dentaire.

2- Stabilité clinique des implants Bränemark

En 1984, Roberts(29), riche des travaux de Bränemark, relance l'idée de se servir d'implants ostéointégrés comme ancrage pour le déplacement orthodontique. Son étude chez le lapin met en évidence la stabilité des implants en titane ostéointégrés reliés à des dents au moyen d'un ressort délivrant une force de 100 à 300 grammes. Sur les 20 implants mis en place, tous sont restés stables sauf un.

En 1988, Turley(37) conclue aussi à la stabilité des implants ostéointégrés mis en charge orthodontiquement et montre que le taux de succès des implants varie en fonction de

différents facteurs : l'opérateur, la technique chirurgicale, le site d'implantation et l'anatomie de l'implant. Le taux de succès de 100% pour les implants larges mis en place en deux temps chirurgicaux chutait à moins de 50% pour les implants de faible diamètre mis en place en un temps chirurgical. Les forces occlusales soumises à l'implant pendant la période d'ostéointégration seraient une cause d'échec majeur. En 1991, Higushi et Slack (12) mènent une étude prospective qui valide la stabilité des implants dentaires conventionnels comme ancrage orthodontique. Sur les 14 implants mis en place chez 7 patients adultes, tous sont restés stables soumis à des forces orthodontiques de 150 à 400 grammes.

En 1994, Odman et coll(25) publient une étude rigoureuse et bien menée, dans laquelle 23 implants mis en place chez 9 patients selon les recommandations de Bränemark, sont utilisés comme ancrage orthodontique pour la réalisation de divers mouvements orthodontiques. Les forces soumises aux implants sont d'intensité orthodontique moyenne et la durée du traitement est de 17 mois en moyenne. Les implants sont tous restés stables pendant le traitement orthodontique, sans signes cliniques et radiologiques témoignant d'une perte d'ostéointégration. Tous les types de mouvements orthodontiques ont pu être réalisés. Le seul problème technique rencontré a été le décollement de l'attache sur la couronne provisoire sur implant. Ces implants ont ensuite servi de support à une couronne sur implant définitive. Le suivi implantaire et prothétique s'est avéré très satisfaisant pendant toute la durée du suivi, de 2 ans et demi en moyenne, laissant présager de bons résultats à long terme. Les auteurs concluent donc à la valeur d'ancrage absolu des implants mixtes et montrent même une perte osseuse plus faible que celle habituellement mesurée autour des implants prothétiques durant la première année de mise en charge occlusale.

3- Remodelage osseux autour des implants

La liaison de l'implant à l'os a été largement étudiée sur le plan histologique. Selon Roberts et coll(28) en 1989, pour que l'implant puisse assurer son rôle d'ancrage absolu, il faut un minimum de 10% de contact direct os-implant. En 1995, grâce à la méthode des éléments finis, Chen et coll(4), mettent en évidence un remodelage osseux important autour des implants, majeur dans le millimètre autour des implants. Ce remodelage répond davantage au stress mécanique causé par l'implantation qu'aux forces occlusales. Les forces orthodontiques soumises aux implants n'engendrent pas de stress supplémentaire.

4- Notion d'ancrage orthodontique :

Selon Proffit(11), « il ne s'agit pas de considérer uniquement le déplacement dentaire désiré, les effets réciproques sur les arcades dentaires doivent être analysés, évalués et contrôlés. Un aspect majeur du traitement orthodontique est de maximiser le déplacement dentaire désiré tout en réduisant au maximum les déplacements dentaires indésirables». L'ancrage est alors défini comme la résistance au déplacement.(15)

5- Les ancrages conventionnels :

Outre la notion d'ancrage dentaire fonction de la surface radiculaire développée et du milieu osseux environnant, l'occlusion, l'activité masticatoire, les rapports crânio-faciaux et les habitudes orales sont autant de facteurs qui influent sur l'ancrage. (11)(35)(39)

Des auxiliaires de renfort d'ancrage conventionnels, qu'ils soient extra-oraux ou intra-oraux, fixes ou amovibles, sont largement utilisés dans les cas d'ancrage naturel faible ou insuffisant pour réaliser les mouvements dentaires désirés. Ces systèmes présentent toutefois un certain nombre d'inconvénients. (11) Les auxiliaires amovibles sollicitent la compliance du patient qui s'autorise souvent un temps de port inférieur à celui indiqué par le praticien. Les systèmes

intra-oraux fixes s'accompagnent d'une perte d'ancrage par mésialisation des dents et augmentation du surplomb.

6- Les ancrages osseux :

Les ancrages osseux s'affranchissent de ces inconvénients par leur fixité et leur valeur d'ancrage dit absolu.

Plusieurs systèmes d'ancrages osseux sont utilisés en orthodontie : les minivis, les miniplaques, les implants palatins et les implants dentaires conventionnels à fonction mixte. (11)(15)(31)(40)

Il existe des contre-indications aux ancrages osseux d'ordre général (risque hémorragique, risque infectieux et les pathologies osseuses métaboliques), et d'autres contre-indications plus relatives qui peuvent faire l'objet d'une discussion avec le patient (l'hygiène bucco-dentaire perfectible, le tabagisme, le bruxisme et le manque de coopération). (21)

La mise en place d'ancrages osseux doit être précédée d'une étude précise concernant l'accès au site choisi, le volume osseux disponible, la qualité de l'os et la présence d'obstacles anatomiques à respecter.

7-Avantages et inconvénients des différents ancrages osseux: (1)(11)(15)(31)

Il faut différencier les ancrages osseux définitifs (les implants dentaires à fonction mixte) des ancrages osseux temporaires (minivis, miniplaques et les implants palatins).

Les ancrages osseux temporaires ont une durée de vie limitée, ils servent de renfort d'ancrage au cours du traitement orthodontique et sont déposés en fin de traitement orthodontique.

L'ostéointégration n'est pas recherchée pour les ancrages temporaires.

Les ancrages osseux temporaires les plus souvent utilisés sont les minivis. La facilité de mise en place et de dépose en ambulatoire, parfois par l'orthodontiste lui-même, la multiplicité des

sites possibles et la mise en charge immédiate ont beaucoup contribué au développement des minivis. Leur rétention est exclusivement mécanique ce qui explique le taux élevé d'échecs par perte de la vis. La perte de la minivis est cependant sans conséquence. En revanche, le risque principal est de léser une racine dentaire à la pose de la minivis. (5)

L'usage des miniplaques en orthodontie vient de la chirurgie orthognatique qui les utilise pour l'ostéosynthèse après une ostéotomie ou la réduction d'une fracture. Les avantages sont la grande biocompatibilité du titane, la variété de forme et de taille des plaques disponibles, une procédure chirurgicale simple pour un chirurgien, sans risque de léser les racines, toutefois plus invasive que pour les minivis. Elles sont principalement posées au maxillaire au niveau du pilier zygomatique et à la mandibule sur la face vestibulaire des procès alvéolaires des molaires.

Deux types de systèmes d'implants palatins ont été développés : le Onplant, disque sub-périosté de 8 à 10mm de diamètre recouvert d'hydroxyapatite, commercialisé par Nobel Biocare suite aux travaux de Bloch et Hoffman et l'Orthosystem, implant de 3,3mm de diamètre et de 4 à 6mm de longueur commercialisé par Strauman avec une étude pilot menée par Wehrbein. Des études cliniques valident l'utilisation de l'Orthosystem mais le succès de l'Onplant n'est pas déterminé. (15)

L'avantage majeur des implants palatins est la présence systématique d'un volume osseux suffisant. Ce site est cependant proscrit dans sa région médiane chez les jeunes en cours de croissance pour ne pas interférer avec l'activité de la suture interpalatine.

Une période de latence de 10 à 12 semaines avant la mise en charge est requise, ce qui augmente la durée globale du traitement. Si la pose est facile, la dépose est très délicate et inconfortable pour le patient. L'inflammation de la muqueuse palatine est souvent décrite. Ces systèmes impliquent l'intervention d'un praticien prothésiste pour la fabrication du système d'ancrage complet.

Les implants dentaires conventionnels à fonction mixte constituent la solution de renfort d'ancrage à proposer aux patients présentant un édentement postérieur. Ces implants jouent un double rôle : un rôle d'ancrage dit absolu au cours du traitement orthodontique et un rôle de support à une prothèse fixe définitive pour la réhabilitation prothétique. La mise en place d'implants mixtes est toutefois complexe. Elle fait appel à plusieurs disciplines (l'orthodontie, l'implantologie et la prothèse dentaire) qui ont chacune leurs propres impératifs à respecter. Les implants dentaires standards utilisés comme support de prothèse font 3,5 à 6 mm de diamètre, et 8 à 15mm de longueur. L'anatomie de l'implant assure une stabilité primaire et permet de limiter le traumatisme chirurgical. L'implantation doit avoir lieu une fois la croissance du patient terminée pour ne pas perturber les phénomènes de remodelages osseux périostés et suturaux. En règle générale, la période d'ostéointégration nécessaire avant une mise en charge occlusale est de 3 à 6 mois. Le respect de cette période augmente considérablement le temps global de traitement et le coût de celui-ci avec l'utilisation d'une couronne provisoire sur implant de longue durée. Si la stabilité primaire de l'implant est faible (inférieure à 35-40 N.cm²), la période d'ostéointégration est allongée. Un accès au site édenté difficile ou un volume osseux insuffisant contre-indiquent parfois la thérapeutique implantaire.

Le choix de l'ancrage osseux prend en compte le patient dans son intégralité (sa demande, ses possibilités financières, son état de santé, son passé dentaire), le plan de traitement global, la quantité d'ancrage requise et les mouvements dentaires désirés.

Les implants conventionnels à fonction mixte représentent la solution de choix pour les patients adultes avec une demande orthodontique qui présentent un édentement unitaire ou partiel. L'indication la plus forte est l'édentement postérieur en extension associé à une migration antérieure du bloc incisivo-canin. (32)

8-Ancrage direct ou indirect

Un implant ostéointégré peut servir au cours d'un traitement orthodontique d'ancrage indirect ou d'ancrage direct.

L'ancrage est indirect lorsque l'implant ne sert qu'à stabiliser des dents pour renforcer leur propre ancrage. Dans ce cas de figure, la couronne provisoire sur implant est solidarisée par une ligature continue aux dents servant d'ancrage et un moyen actif (arc orthodontique, ressort ou chaînette élastomérique) relie ce groupe d'ancrage aux dents à déplacer.

L'ancrage est direct lorsque la force orthodontique est directement appliquée à la prothèse provisoire sur implant. Un élément actif (ressort, chaînette) relie la couronne provisoire sur implant à la ou les dents à déplacer.

Dans cette dernière situation, seul l'implant est sollicité, limitant au maximum le risque de perte d'ancrage dentaire ; l'implant subit en revanche davantage de contraintes. (3)(15)(35)

9- Mouvements orthodontiques limites/ mouvements squelettiques

L'usage des implants mixtes a élargi le champ d'action de l'orthodontie et évite parfois le recours à la chirurgie orthognatique.(15)(32)

Sont rendus possibles les mouvements orthodontiques limites intra-arcades comme l'alignement et la rétraction de dents antérieures en l'absence de dents postérieures, le redressement de molaires distales sans dent voisine, l'ingression de molaires et la correction d'une supraclusion sévère, et des mouvements inter-arcades comme la correction de béances antérieures et latérales, le traitement des occlusions inversées antérieures et postérieures et la correction de décalages sagittaux squelettiques. (11)

Les mouvements squelettiques qui utilisent les implants comme unique ancrage se libèrent de tous les effets dentaires parasites.

En 1988, Smalley et coll(34) publient une étude menée sur de jeunes singes dans laquelle ils se servent d'implants maxillaires, zygomatiques, frontaux et occipitaux pour réaliser des mouvements orthopédiques de protraction maxillaire. Les implants soumis à des forces orthopédiques de 600g restent stables pendant toute la durée de l'expérimentation. Ils enregistrent un déplacement significatif vers l'avant du maxillaire par remodelage sutural, sans effet parasite sur les dents. 80 % de la quantité du déplacement est maintenue 22 semaines après l'arrêt de la traction.

En 1999, une étude montre également que des implants ostéointégrés, chez le chien, soumis à des forces orthopédiques de 5 N, restent stables. Une perte osseuse autour de l'implant, plus importante sur la face en tension, est observée mais qualifiée de cliniquement acceptable. (6)

B- Littérature des 10 dernières années :

Les ancrages osseux sont devenus un outil à portée de main des orthodontistes bien qu'ils ne bénéficient pas d'un support scientifique de haut niveau. Si les présentations de cas cliniques rendent compte de bons résultats, ces thérapeutiques ne sont pas validées par des études cliniques de haut niveau de preuves. (22)(40) De plus, les études animales ne doivent pas être transposées chez l'homme directement ; il y a des erreurs possibles à passer du modèle animal à des études cliniques chez l'homme. (22)(40)

Une étude Cochrane, publiée en 2007 (33), sur les renforts d'ancrage dans les traitements orthodontiques multiattaches visait à répondre à deux objectifs. Le premier était de comparer la capacité de renfort d'ancrage apportée par les ancrages osseux à celle des ancrages dits conventionnels, qui ne nécessitent pas d'intervention chirurgicale. Le deuxième était de mesurer l'acceptation des patients vis-à-vis de ces systèmes et de rendre compte des échecs éventuels. La pauvreté et la faible qualité de la littérature sont ici aussi décriées ; elle ne

permet pas de répondre aux objectifs de l'étude. Les auteurs n'ont pu retenir qu'une seule étude valide qui compare le high pull et les implants palatins. (7)(8)

Aucune étude portant sur les implants dentaires conventionnels à fonction mixte n'a été recevable sur le plan scientifique, d'après les critères de la Cochrane.

La littérature actuelle composée essentiellement de revues et de cas cliniques parvient toutefois à décrire la méthodologie à suivre pour garantir le succès des implants mixtes.

1- Taux de succès des ancrages osseux :

En 2008, Janssen et coll (16) publient une revue qui répertorie les taux de succès des ancrages osseux retrouvés dans les études animales et humaines publiées entre 1996 à 2006. Deux types de systèmes d'ancrage osseux sont utilisés : les implants dentaires ostéointégrés incluant les implants palatins temporaires et, les miniplaques et minivis qui ne sont pas ostéointégrés. Le taux de succès des implants dentaires ostéointégrés est très élevé dans les études animales et oscille entre 85 et 100% dans les études humaines. Le taux de succès est ici défini comme l'implant en place sans signe clinique ou radiologique défavorable. Le taux de succès des miniplaques est de 100% dans les études animales et de 91 à 100% dans les études humaines. Le taux de succès des minivis varie dans les études animales de 90 à 100% alors qu'il est de plus de 75% dans les études humaines. (16)

Cette revue confirme la fiabilité des ancrages osseux. Elle s'applique à marquer la différence entre les résultats observés chez l'animal et chez l'homme. Remarquons que le taux de succès des implants ostéointégrés ne prend pas en compte uniquement les implants dentaires conventionnels à fonction mixte puisqu'il inclue aussi les implants palatins.

2- Stabilité : oui mais...

Si toutes les études semblent indiquer que les implants restent stables, Hsieh (14), en 2008, réévalue un peu à la baisse cette stabilité dans une étude expérimentale chez le chien. Il suit un protocole strict d'extraction dentaire suivie 3 mois plus tard par l'implantation puis, 3 mois après, par la pose d'une couronne provisoire. Ces implants sont mis en charge orthodontiquement pendant six mois au moyen de ressorts ouverts en nickel titane délivrant une force de 100, 200 ou 500 grammes. Il mesure, à la fin de l'expérimentation, la distance qui sépare les piliers implantaires à leur sommet, milieu et collet. La distance reste la même entre les piliers des implants soumis à des forces de 100 et 200g. Il note cependant une inclinaison des piliers quand les implants sont soumis à une force de 500g, sans observer ni de perte de l'ostéointégration ni de mobilité de l'implant. Notons que ces résultats ne concernent que la traction entre deux piliers implantaires, situation rarement retrouvée en clinique si ce n'est lors de traction intermaxillaire entre deux ancrages osseux.

3- Autour des implants mixtes : (26)

En 2002, Trisi (36) mène une étude dans laquelle il observe les phénomènes de remodelage autour d'implants dentaires conventionnels mis en charge orthodontiquement, chez l'homme. Des implants sont posés chez 41 patients adultes pour servir d'ancrage orthodontique. A la fin du traitement, 7 implants sont déposés et étudiés sur le plan histologique, après une mise en charge de 2, 4, 6 ou 12 mois. Les résultats de cette étude montrent que les mouvements dentaires sont facilités et accélérés par la présence des implants comme ancrage osseux. Tous les implants sont restés stables après une période de mise en charge de 12 mois. Le remodelage osseux autour des implants est important, même après une période d'observation de 18 mois. Ce phénomène de remodelage serait la réponse apportée aux micro-fractures osseuses dues à la présence même des implants.

B. Melsen (23), en 2001, a montré également, grâce à la méthode des éléments finis, que la présence des implants augmente le turn-over cellulaire de l'os alvéolaire autour des implants, tandis que la mise en charge orthodontique des implants favorise un remodelage avec une balance osseuse positive. Elle met donc en évidence les mécanismes d'adaptation aux forces. Parfois, ces mécanismes sont dépassés, il y a incapacité à réparer les micro-fractures. C'est le cas des échecs implantaires imputés à des forces occlusales excessives.

4- Forces occlusales et forces orthodontiques :

Il existe des différences fondamentales entre la mise en fonction occlusale, lorsque l'implant est soumis aux forces de mastication, et la mise en charge orthodontique. Les forces orthodontiques qui s'exercent sur l'implant sont en générale horizontales, continues, unidirectionnelles et de faible intensité (20 à 300 grammes). Les forces occlusales sont plus verticalisées, intermittentes, d'intensité pouvant atteindre plusieurs kilogrammes et appliquées dans différentes directions. (2)(15)

La mise en occlusion rapide d'un implant n'est pas recommandée ; la règle est de respecter une période d'ostéointégration de 3 à 6 mois.

En revanche, un implant dentaire peut rapidement subir une mise en esthétique orthodontique suite à la confection d'une couronne provisoire sur implant en sous-occlusion. La période de latence entre la pose d'un implant dentaire et sa mise en charge orthodontique est moindre.

En 2010, Palagi (27) compare le taux de succès d'implants soumis à des forces orthodontiques (inférieures à 200g) entre un groupe contrôle pour qui la mise en charge orthodontique a lieu 4 mois après la chirurgie implantaire et un groupe d'étude comprenant 11 implants mis en charge orthodontiquement immédiatement après la chirurgie implantaire. Le site d'implantation choisi est la région postérieure de la mandibule. Les implants utilisés font 4 mm de diamètre et 13 mm de longueur. L'évaluation du succès implantaire clinique et

radiologique se fait tous les 6 mois. Les taux de succès sont comparables entre les deux groupes. Un implant est perdu dans les deux groupes. La durée totale de suivi des patients est de 2 ans minimum (3,4 années en moyenne). Le fait d'avoir choisi de placer les implants à la mandibule, os plus corticalisé que le maxillaire, tend à accroître le taux de succès. Cette étude va donc dans le sens d'une mise en charge orthodontique immédiate des implants.

5- Etude pré-implantaire : (2)

En 2006, Heij (10) publie un article sur les recommandations à la pose d'un implant. Il évoque longuement le problème lié à l'implantation chez les patients en cours de croissance. Du fait de l'éruption dentaire continue des dents fonctionnelles, qui ne s'appliquent pas aux implants ou aux dents ankylosées, une infraclusie de la prothèse implanto-portée et un enfouissement de l'implant sont à craindre. Ceci entraîne une dysharmonie dento-parodontale, des problèmes esthétiques et fonctionnels, voir même une perturbation du développement des mâchoires lorsqu'il y a beaucoup d'implants. Cette éruption dentaire continue se poursuit au-delà de la fin de la croissance corporelle mais à moindre mesure. (31)(38)

L'implantation perturbe aussi les phénomènes de remodelage osseux dans les 3 sens de l'espace qui sont liés à la croissance et aux compensations dento-alvéolaires et fonctions du type facial et de la direction de croissance (35)(39). La pose précoce d'un implant est, de ce fait, délicate pour la reconstitution des dents antérieures; de même, la dérive mésiale physiologique des dents n'est pas suivie par les implants.

Le consensus de 1995 (10) recommande de reporter la pose d'un implant à l'arrêt de la croissance squelettique staturale et crânio-faciale et de bien évaluer la courbe de croissance du patient (38). Si au cours d'un an de suivi du patient, sa taille corporelle reste la même et que, la superposition de deux téléradiographies de profil de plus de six mois montre une stabilité du système dentaire, l'implantation peut être programmée.

La thérapeutique implantaire nécessite une bonne gestion du capital osseux. Une extraction dentaire sans implantation immédiate ou rapide s'accompagne d'une perte osseuse alvéolaire. Ce capital osseux perdu, l'implantation peut s'avérer difficile voire impossible.

Dans les cas d'agénésie de prémolaires, en absence de dysharmonie dento-maxillaire, il est conseillé de maintenir la dent lactéale sur l'arcade jusqu'à la pose de l'implant pour conserver le volume osseux et l'espace prothétique. (39)

Il est intéressant de noter aussi que la résorption de l'os alvéolaire est beaucoup plus lente dans un espace créé orthodontiquement que dans un espace d'extraction. (10)

En présence d'un volume osseux insuffisant, il faut avoir recours à une greffe osseuse ou à un comblement de sinus. Le volume de la greffe, devant recevoir un implant, doit être suffisant en hauteur, en largeur et en épaisseur. Le greffon osseux n'est pas un obstacle aux déplacements dentaires et les mouvements orthodontiques sont conduits classiquement.(39)

La stabilité primaire de l'implant est un facteur essentiel pour le succès implantaire. Elle dépend de la qualité de l'os et de l'anatomie de l'implant. Le choix de l'implant se fait en fonction du projet prothétique, de l'espace osseux disponible et des habitudes du chirurgien.

La forme de l'implant, cylindrique ou cylindro-conique, est conçue pour améliorer la stabilité primaire et limiter les traumatismes durant la chirurgie. L'état de surface rugueux favorise la stabilité primaire mécanique. Cette rugosité favorise en revanche le dépôt de plaque bactérienne et les risques de péri-implantite associés. De nombreux travaux sur l'anatomie et l'état de surface de l'implant sont à l'origine de nouveaux modèles d'implants. (15)

6- Apport de l'orthodontie à l'implantologie :

Les rapports entre l'orthodontie et l'implantologie sont étroits (1)(19)(21). Nous avons vu précédemment que les implants pouvaient servir de renfort d'ancrage pour le traitement orthodontique dans les cas d'édentement ou de parodonte réduit. En corollaire, l'orthodontie rend service à l'implantologie à différents niveaux. (31) L'orthodontie pré-implantaire assure une préparation du site implantaire en créant un espace favorable à l'implantation : elle permet de paralléliser les racines des dents bordant l'édentement, elle améliore le volume osseux disponible par extrusion orthodontique ou par simple déplacement dentaire dans un site édenté. L'orthodontie pré-prothétique cherche à créer un espace prothétique conforme au projet prothétique visualisé sur un set up -wax up. L'ingression de la dent antagoniste à l'édentement recrée l'espace prothétique en hauteur ; le redressement des dents bordant l'édentement recrée l'espace prothétique en largeur. Ces déplacements dentaires évitent le recours à des moyens de dentisterie plus invasifs. (21)

Si pendant longtemps les traitements associant l'orthodontie et la compensation des édentements par des prothèses implanto-portées suivaient une chronologie dans laquelle l'orthodontie précédait systématiquement le projet implantaire, aujourd'hui il semble de plus en plus intéressant de poser les implants avant de débiter le traitement orthodontique. Le calendrier thérapeutique est donc inversé.

En revanche, dans les situations où le traitement orthodontique ne nécessite pas un renfort d'ancrage, l'intérêt de la mise en place d'un l'implant dentaire avant l'orthodontie peut être rediscuté.

7- Protocole décrit par Smalley pour les implants conventionnels à fonction mixte :

Il n'existe pas actuellement de protocole standardisé pour les traitements qui associent l'orthodontie et une réhabilitation prothétique par prothèse implanto-portée (2). Le placement des implants conventionnels à fonction mixte, sans guide et étude préalable, aboutit souvent à des résultats qui ne donnent pas satisfaction. De plus, il n'y a pas d'échec plus embarrassant que la pose d'un implant inexploitable ou difficilement exploitable. L'implant ne doit pas non plus interférer avec la thérapeutique orthodontique ou ortho-chirurgicale.

Le succès de cette thérapeutique est directement lié au degré de coopération entre l'orthodontiste, le praticien prothésiste, le chirurgien et le technicien de laboratoire.

Le plan de traitement global est décidé collégalement entre les différents intervenants après un diagnostic complet de la situation clinique incluant des radiographies, des modèles d'étude et des modèles diagnostiques. (20)

Smalley a décrit les différentes étapes cliniques et de laboratoire permettant de placer les implants mixtes selon les projets orthodontique et prothétique choisis. La prévisualisation se fait alors sur un modèle de set up orthodontique sur lequel des cires diagnostiques sont montées au niveau des dents absentes.

La difficulté est le transfert sur le modèle initial de la position idéale des implants visualisée sur le modèle diagnostique. Smalley propose une méthode de transfert qui reste relativement complexe. (13)

Toutes les illustrations du protocole de Smalley sont tirées de son article publié dans l'ouvrage de Higushi intitulé *Orthodontic applications of osseointegrated implants*. (13)

a- Réalisation du modèle diagnostique

La difficulté de ces traitements réside dans le choix de la position du ou des implants. La localisation et l'orientation des implants doivent tenir compte des mouvements orthodontiques

à venir et respecter les règles de confection prothétique. Pour cela, un modèle diagnostique est réalisé. Il s'agit d'un set up orthodontique et d'un wax up prothétique qui rendent compte du résultat final.(20) Le set up doit être réaliste quant au type et à l'amplitude des mouvements dentaires réalisés, et les limites bien évaluées. Seul l'orthodontiste, conscient des mouvements possibles et limités, est apte à la réalisation du set up. Ce travail peut néanmoins être confié à un technicien de laboratoire expérimenté qui aura reçu des consignes très précises. Le set up doit créer un espace prothétique suffisant en hauteur et en largeur pour le type de dent à remplacer conformément au volume de la dent contra-latérale. Le projet prothétique est ensuite objectivé par un wax up.

b- Transfert de la position idéale du ou des implants sur le modèle initial :

Sur les modèles initiaux, le palais doit être bien enregistré et le plancher buccal mis à plat.

Trois marques au minimum sont réalisées sur le palais et sur le plancher. Il peut s'agir de creux dans le plâtre faits au moyen d'une fraise à plâtre ou de pastilles collées épaisses comportant des angles. Ces marques vont servir de repères pour le transfert de la position des implants du modèle diagnostique vers le modèle initial.

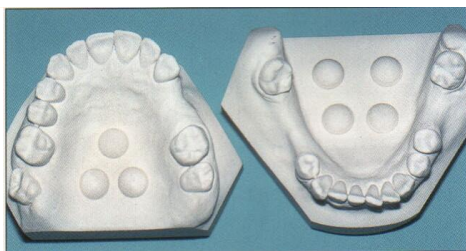


Figure 1 : Modèles initiaux en plâtre avec les repères en place

Les modèles initiaux sont dupliqués pour obtenir trois jeux identiques. Deux jeux sont montés en articulateur. Le premier correspond aux modèles initiaux. Le deuxième jeu sert à réaliser le modèle diagnostique. Le troisième jeu sera dit «composite » puisqu'il y aura les dents dans leur situation initiale et la position idéale des dents prothétiques selon le projet thérapeutique choisi.

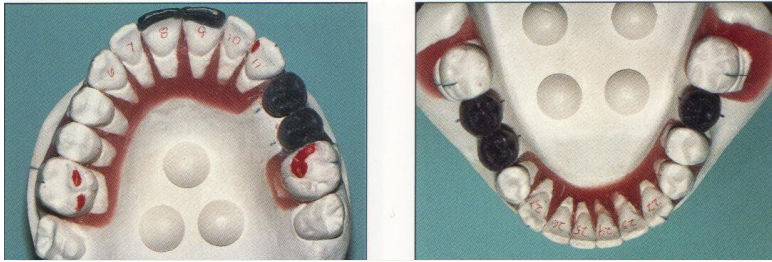


Figure 2 : Modèles diagnostiques après set up orthodontique et wax up prothétique

Un mordu en silicone enregistre sur le modèle diagnostique le plancher ou palais avec ses repères et les faces occlusales et linguales des dents dans leur position corrigée. Ce mordu est découpé pour ne garder que l'enregistrement des repères et des dents prothétiques en cire. Un point est ensuite marqué au feutre à l'emplacement idéal de l'implant.

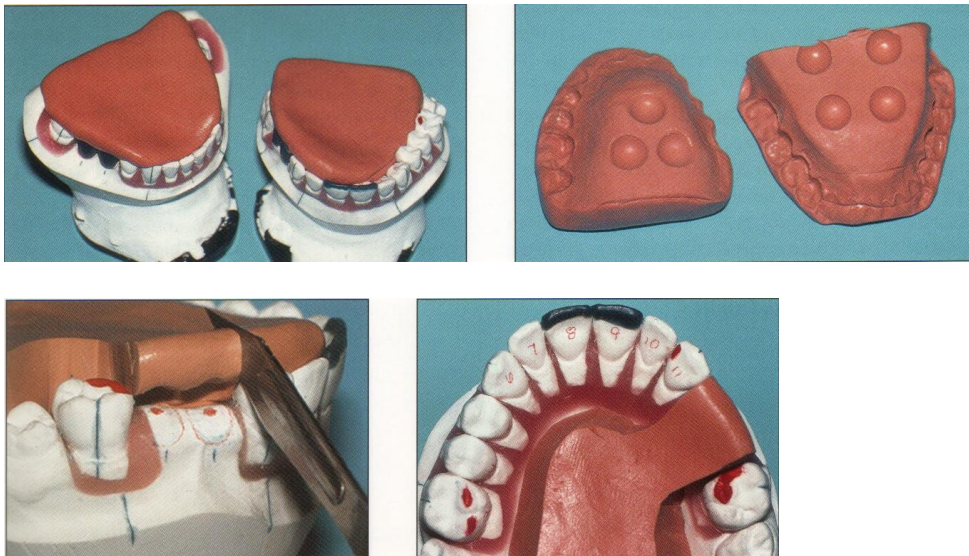


Figure 3 : Mordu en silicone pour le transfert des cires diagnostiques

Une gouttière thermoformée est faite sur le modèle initial et découpée pour se superposer complètement au mordu de silicone modifié.



Figure 4 : Gouttière thermoformée réalisée sur le modèle initial

Cette gouttière est ensuite placée sur le modèle diagnostique et le point de feutre correspondant à la position de l'implant est reporté sur la gouttière.

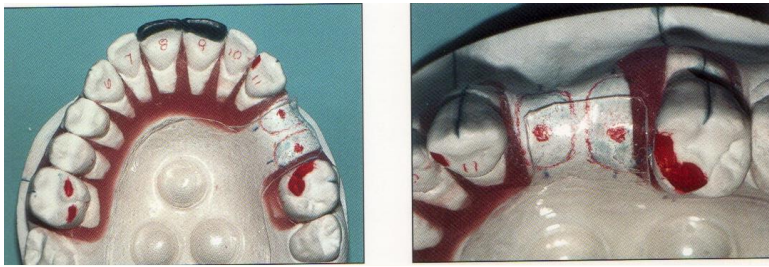


Figure 5 : Gouttière thermoformée après repérage au feutre de la position des futurs implants sur le modèle diagnostique

A ce point précis, un forage de deux millimètres de diamètre est réalisé sur la gouttière. Puis la gouttière est de nouveau placée sur le modèle initial, le point de forage est reporté au feutre sur la crête et les dents prothétiques waxées sont transférées du modèle diagnostique au modèle initial pour que le milieu de la dent en cire corresponde au point fait au feutre. Sur le modèle initial agrémenté des cires diagnostiques, on trace sur la base du modèle l'axe implantaire et le niveau de la gencive.



Figure 6 : Gouttière thermoformée après forage replacée sur le modèle initial

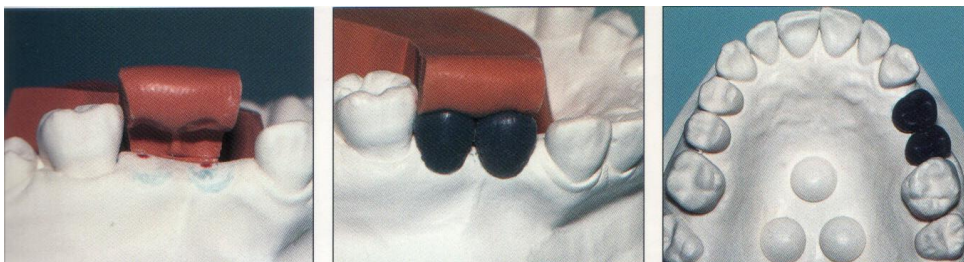


Figure 7 : Transfert des cires diagnostiques sur le modèle initial au moyen du mordu en silicone

Enfin, on réalise une empreinte au silicone et on obtient un modèle dit « composite » puisqu'il présente les dents dans leur situation initiale avant le traitement orthodontique ainsi que les futures dents prothétiques dans la position idéale en fin de traitement orthodontique.

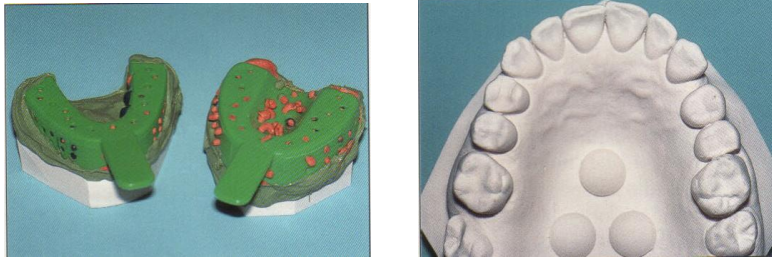


Figure 8 : Prise d'empreinte pour obtenir le modèle « composite »

c- Le guide radiologique

C'est sur le modèle composite que le guide radiologique est confectionné. Ce guide est une gouttière en résine à appui dentaire. La dent prothétique ou le puits de forage sont comblés d'un matériau radio-opaque pour le diagnostic radiologique.



Figure 9 : Confection du guide radiologique sur le modèle « composite »

d- Imagerie 3D

Le patient est envoyé chez le radiologue qui réalise un scanner avec le guide radiologique en bouche. C'est seulement à ce moment que l'on peut confirmer la faisabilité de la thérapeutique implantaire.

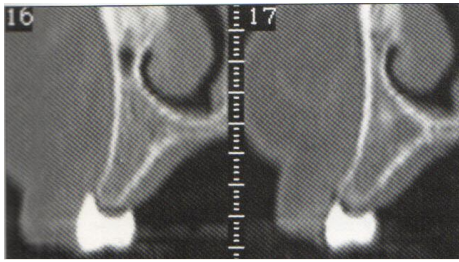


Figure 10 : Coupe tomodensitométrique permettant de visualiser le volume et la qualité de l'os en regard du repère radio-opaque correspondant au projet prothétique

e- Chirurgie implantaire

Si le volume osseux est suffisant et les obstacles anatomiques à distance, le projet thérapeutique est retenu et le guide radiologique est transformé en guide chirurgical. Le chirurgien doit se servir impérativement du guide pour pointer sur la crête édentée l'emplacement du forage.

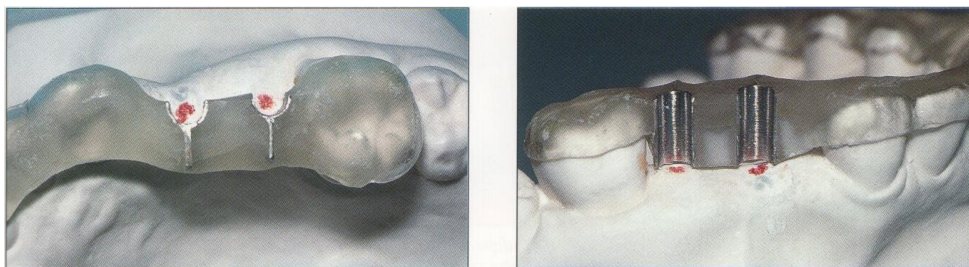


Figure 11 : Transformation du guide radiologique en guide chirurgical

Deux procédures chirurgicales sont possibles : une procédure en deux temps chirurgicaux et une procédure en un temps chirurgical. Pour la procédure en deux temps, la première phase consiste à poser l'implant et à le recouvrir complètement par le lambeau pour une mise en nourrice qui dure plusieurs mois. Lors de la deuxième phase chirurgicale l'implant est recouvert d'une vis de cicatrisation et le lambeau suturé autour de la vis. Pour la procédure en un temps chirurgical, l'implant est posé et immédiatement surélevé d'un pilier autour duquel le lambeau est suturé. Ces deux procédures sont équivalentes en terme de succès implantaire à long terme. (30)

f- Mise en charge des implants

La mise en charge occlusale ne peut se faire raisonnablement qu'après une période d'ostéointégration de 3 à 6 mois environ (21). Ce délai augmente considérablement la durée globale de traitement (15). Dans le but de réduire la durée du traitement, un protocole d'extraction/implantation immédiate et mise en esthétique au moyen d'une couronne provisoire en sous-occlusion a émergé mais il reste très limité dans ses indications.

La mise en charge orthodontique peut se faire directement sur le pilier de cicatrisation. Cependant, l'utilisation d'une couronne provisoire sur implant est préférable : l'espace prothétique dans le sens mésio-distal est maintenu tout au long du traitement et le patient satisfait sur le plan esthétique. Cette prothèse provisoire est confectionnée à partir d'un isomoulage des cires diagnostiques.(2)

g- Traitement orthodontique

L'appareillage orthodontique est alors mis en place. La mécanique utilisée est similaire à un traitement orthodontique classique. Toutefois, les mouvements parasites sont diminués. Certains mouvements dentaires impossibles avec un simple ancrage dentaire sont alors possibles. Les limites orthodontiques sont repoussées.

Une fois le traitement orthodontique fini, les implants dentaires qui n'avaient pas pu être posés avant, du fait de la présence de dents sur le site implantaire, sont posés. (2)

h- La réalisation prothétique

La réalisation des prothèses définitives est facilitée par les bons rapports d'occlusion obtenus et le respect d'espaces prothétiques idéaux.

8- Réalisation du modèle diagnostique et autre méthode de transfert décrite par Kokisch :

Kokisch (13) a décrit les étapes de la réalisation du set up wax up ou modèle diagnostique en distinguant deux situations : celle où seulement quelques dents sont déplacées et celle où toutes les dents sont déplacées.

Toutes les illustrations présentées proviennent de son article publié dans l'ouvrage de Higushi intitulé « *Orthodontic applications of osseointegrated implants* ». (13)

Dans la plupart des cas, il faut suivre quatre étapes. La première est la duplication du modèle initial pour avoir deux modèles identiques. Les dents et la base du modèle doivent être parfaitement enregistrées. La deuxième étape est la section sur l'un des modèles des dents à déplacer, mais pas toutes en même temps pour toujours conserver une référence dentaire. La troisième étape est le repositionnement des dents en plâtre sur une base en cire en commençant par l'arcade qui ne recevra pas d'implant. L'arcade qui recevra un ou plusieurs implants est ensuite reconstruite selon une occlusion satisfaisante. L'espace restant correspond alors au futur espace prothétique. Enfin, la dernière étape consiste à transférer la position idéale du ou des implants du modèle diagnostique au modèle initial.

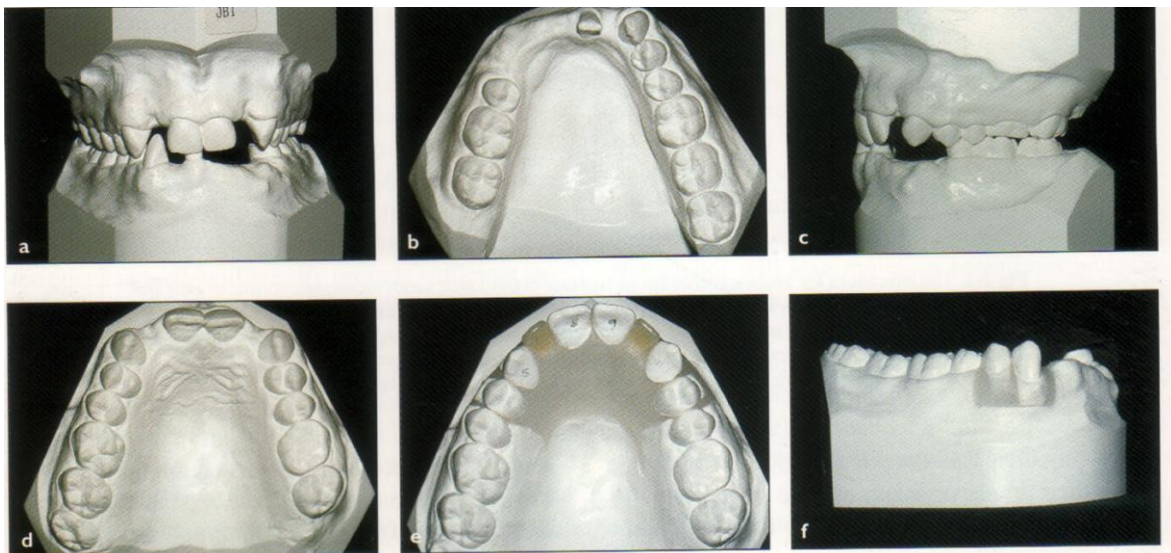


Figure 12 : Modèles initiaux (a,b,c,d) et modèles de set up orthodontique (e,f)

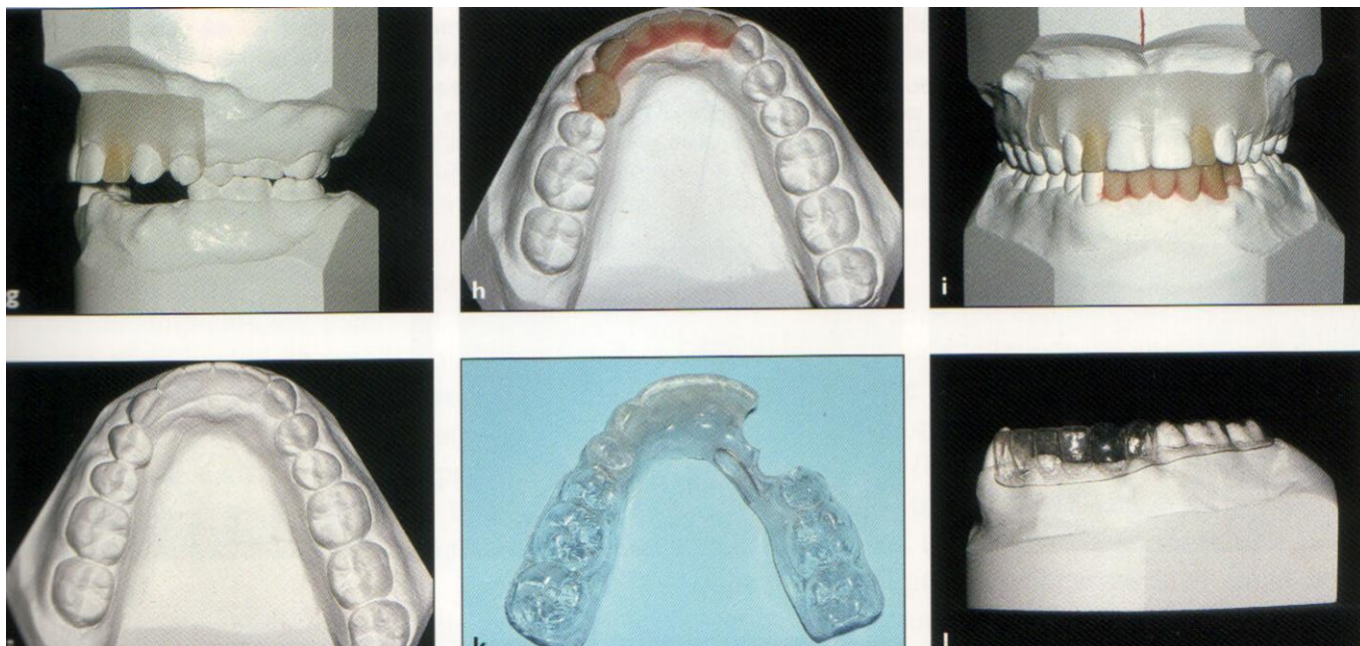


Figure 13 : Modèles de set up orthodontique en occlusion (g) ; Réalisation des cires diagnostiques (h,i) ; Modèle mandibulaire dit « composite » ; Réalisation du guide radiologique ne s'appuyant que sur les dents qui ne sont pas déplacées lors du traitement orthodontique (k,l)

Si toutes les dents sont repositionnées, il conseille de sectionner le modèle en deux hémimodèles pour toujours conserver une référence. Chaque hémimodèle est modifié en s'aidant de l'autre hémimodèle non modifié qui correspond à la situation initiale.

Pour le transfert, si seulement quelques dents sont déplacées, on fait une empreinte du modèle diagnostique. On coule du plâtre au niveau des dents qui ne sont pas déplacées et de la cire au niveau des dents déplacées et des espaces prothétiques. On obtient un modèle mixte en plâtre et en cire sur lequel on réalise un guide de positionnement de l'implant qui s'appuie uniquement sur les dents non déplacées au cours du traitement orthodontique.

Si toutes les dents sont repositionnées, il n'y a plus de repère dentaire ; on se sert de la base du modèle comme référence. Un pied à coulisse mesure la distance qui sépare un point de la base

et le milieu de l'implant. Cette distance est reproduite sur le modèle initial et la position de l'implant est marquée au stylo.

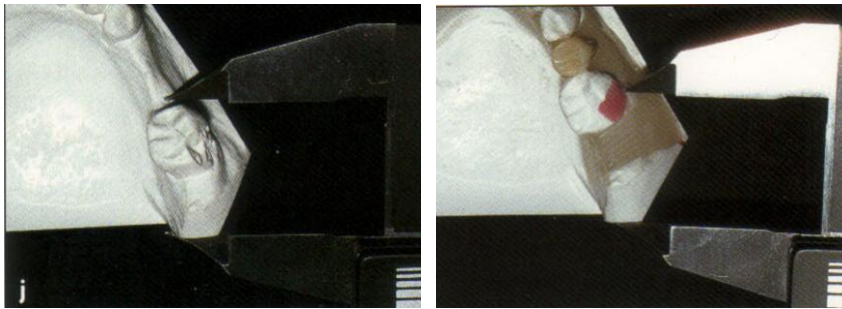


Figure 14 : Utilisation du pied à coulisse pour situer une dent par rapport à la base du modèle

Le guide radiologique est réalisé sur le modèle initial et un repère radio-opaque mis au niveau de la marque de stylo. Cette méthode reste assez approximative et ne permet pas de déterminer la position de l'implant de manière précise.

9- Choix du système de liaison de l'implant à l'appareillage orthodontique

En 1997, Goodacre (9) revient sur tous les facteurs à prendre en compte pour la réalisation de la prothèse implanto-portée provisoire à visée d'ancrage orthodontique. Bien qu'il soit techniquement possible de relier l'appareil orthodontique directement à la vis de couverture de l'implant, il est préférable de passer par une couronne ou un bridge provisoire pour répondre aux besoins esthétiques et fonctionnels et s'affranchir du risque d'inflammation gingivale.

Plusieurs questions doivent être évoquées pour le choix du matériau et du design de la prothèse provisoire :

La prothèse va-t-elle être sollicitée par la mastication ? Quelle est la quantité de force que va subir la prothèse provisoire (forces occlusales, parafunctions) ? Combien de temps la prothèse

va-t-elle rester en place (durée estimée du traitement orthodontique) ? Où sont situés les implants ? Quel accès pour la mise en place de la prothèse et pour sa maintenance ? Quel est le niveau d'hygiène du patient ? Est-ce-que la prothèse devra être modifiée au cours du traitement ? Quelles sont les possibilités financières du patient et ses desideratas ?

En effet, la forme de la prothèse peut être anatomique ou non anatomique. La plupart des prothèses sont fixes mais peuvent occasionnellement être amovibles. Différents matériaux sont à disposition : la résine, le métal, le métal recouvert de résine, le métal recouvert de céramique. Il peut s'agir d'une couronne unitaire, d'un bridge ou d'un châssis métallique avec des dents prothétiques.

Les prothèses en résine sont plus économiques mais moins pérennes que les prothèses en métal. Lorsque la durée du traitement est longue et peu prévisible, il est préférable d'opter pour des prothèses en métal ou céramo-métallique moins sujettes au décollement. Ceci est d'autant plus intéressant que, une fois l'appareillage orthodontique en place, la réfection de la prothèse est plus difficile. De nombreuses formes sont possibles pour les prothèses en métal : en forme de crochet, de coiffe anatomique ou non, avec ou sans cavité permettant de mettre un bracket ou de la résine. Une prothèse en métal avec une forme adéquate peut recevoir une bague orthodontique.

Lorsqu'il y a un besoin esthétique et que la prothèse doit être pérenne, il faut préférer les prothèses en métal recouvertes de résine ou les prothèses céramo-métalliques.

Les prothèses en résine faites au laboratoire sont plus résistantes et leur teinte conservée plus longtemps que les prothèses en résine faite en méthode directe. L'ajout de matériau est plus facile pour les prothèses en résine que pour les prothèses en métal ou céramo-métal. Si une couronne ou un bridge céramo-métallique est choisi, alors il faut demander au prothésiste de prévoir une cavité pour le bracket. Un meulage de la surface de la céramique et une procédure de collage adapté à la céramique est nécessaire.

Les châssis métalliques surmontés de dents prothétiques sont réservées aux édentements de longue portée et notamment en présence d'une perte de tissus durs et mous importante. Ils assurent un soutien des lèvres et des tissus cutanés et peuvent être modifiés au cours de la croissance. Mais on s'éloigne ici de l'indication des implants mixtes.

II. Nouveau protocole de prévisualisation du projet orthodontique et implantaire à l'aide du logiciel Siplant

Ce protocole a été développé par les docteurs A. Decker et K. Davarpanah.

Le but de ce protocole est de se servir de la technologie informatique pour améliorer encore la fiabilité et la précision des traitements pluridisciplinaires associant l'orthodontie et l'implantologie. Il s'agit d'utiliser la planification thérapeutique par ordinateur, au moyen du logiciel Siplant et Siplant OMS commercialisé par Materialise Dental, pour simuler virtuellement une chirurgie orthognatique et/ou la pose implantaire selon le plan de traitement préalablement déterminé et de transférer le plus fidèlement possible les données issues de l'informatique à la clinique grâce à un guide de chirurgie guidée usiné.

Ce protocole est né de la volonté d'apporter le maximum de sécurité et de précision dans le placement des implants mixtes.

De plus, il bénéficie d'une valeur pédagogique forte auprès des patients par l'apport visuel des différentes étapes et des objectifs sur l'interface du logiciel. Il nécessite une démarche diagnostique rigoureuse de la part des praticiens. Ce protocole confronte l'expérience acquise de l'orthodontiste des traitements orthodontiques et ortho-chirurgicaux, et l'expérience du chirurgien de la chirurgie implantaire guidée. La planification thérapeutique naît de cette étroite communication entre l'orthodontiste, le praticien prothésiste et le chirurgien

implantaire et implique une bonne connaissance du logiciel Simplant et de l'outil informatique.

Etudions maintenant les différentes étapes du protocole de planification informatique tridimensionnelle du traitement orthodontique et chirurgical à l'aide du logiciel Simplant de chez Materialise Dental.

1) Examen clinique et examens complémentaires :

1- Examen clinique :

L'examen clinique doit permettre immédiatement de déterminer si le patient peut potentiellement être candidat au protocole. Un candidat potentiel est un patient adulte avec une demande orthodontique, sans contre-indication implantaire, qui présente des édentements.

Si le patient accepte l'étude thérapeutique, les premières étapes cliniques commencent.

L'examen clinique orthodontique est classique; il est statique, cinétique et fonctionnel. Il étudie le visage de face et de profil, les arcades dentaires, l'occlusion dentaire ainsi que les fonctions et les parafunctions. Cet examen clinique est accompagné d'examens complémentaires comme les photographies extra et endo-buccales, les modèles en plâtre et les radiographies.

Dans le cadre du protocole, les modèles en plâtre doivent être de grande qualité et les clichés radiologiques habituellement prescrits (panoramique dentaire et téléradiographie de profil ou de face) sont inutiles car ils ne suffisent pas à la planification ; un scanner ou un cone Beam les remplacera. A partir des données issues du scanner ou du CBCT, il est possible d'obtenir une panoramique dentaire ou une téléradiographie de profil, utiles à l'orthodontiste plus habitué à l'étude de ces clichés.

2- Modèles en plâtre :

Les empreintes sont réalisées soit à l'alginate si la coulée peut être réalisée dans les vingt minutes qui suivent la prise d'empreintes, soit au silicone en un temps deux viscosités. La qualité de l'empreinte est primordiale car elle conditionne l'ensemble des étapes. Les empreintes sont ensuite coulées avec du plâtre de type IV.

Les empreintes intra-buccales numériques remplaceront dans un avenir proche les matériaux d'empreintes et les modèles en plâtre seront remplacés par des modèles numériques.

3- Montage en articulateur :

La prise du rapport inter-arcade en relation centrée peut se faire soit au moyen d'une feuille de cire thermo-déformable de type Moyco, soit grâce à des clés d'occlusion en résine chémo-polymérisable. La feuille de cire classiquement utilisée en orthodontie ne donne pas ici une précision suffisante.

Le modèle maxillaire est monté en articulateur au moyen de l'arc facial, ou de la table de transfert lorsque le plan d'occlusion maxillaire est correct et qu'aucune chirurgie orthognatique intéressant le maxillaire n'est envisagée.

Le modèle mandibulaire est ensuite monté en articulateur grâce à l'enregistrement des rapports inter-arcades en relation centrée. Le choix du montage en relation centrée répond à un des objectifs de fin de traitement orthodontique de faire correspondre l'intercuspitation maximale et la relation centrée.

4- Réalisation du jig occlusal :

Le jig occlusal permet de réaliser l'acquisition radiologique en position de relation centrée et d'assurer une désocclusion postérieure légère (2mm minimum). Cela sert à la segmentation

sur ordinateur pour bien distinguer les dents maxillaires des dents mandibulaires. Ainsi le travail de nettoyage des artéfacts pour l'obtention de l'objet 3D est grandement facilité.

Le jig est réalisé sur les dents antérieures la plupart du temps, en résine chémo-polymérisable.

Il est confié au patient informé de la nécessité de le placer en bouche au moment de l'acquisition radiologique.

2) Acquisition radiologique :

Deux types d'imagerie peuvent être prescrits pour ce protocole : le scanner ou le cone beam computed tomography (CBCT). Le scanner enregistre des coupes ou tranches de l'anatomie du patient. Le cone beam réalise l'acquisition d'un volume grâce à un faisceau conique. Après traitement des données, les deux imageries donneront une image anatomique en trois dimensions. Lorsqu'une chirurgie orthognatique est prévue, il faut une acquisition large; on prescrit alors un scanner tête et cou ou un cone beam grand champ. En revanche, pour la simulation thérapeutique orthodontique et implantaire sur le logiciel, un cone beam moyen champ suffit.

Les données issues de l'acquisition radiologique, dans leur forme native, sont fournies par le radiologue sous forme d'un fichier DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), à la demande du praticien. Ces fichiers présentant une extension « .dcm » sont transférés sur le logiciel Simplant.

3) Réalisation du set up orthodontique

Les modèles en plâtre sont correctement taillés ; le palais et le plancher buccal sont aplanis et lissés. Comme dans la technique de Smalley, trois repères au minimum par modèle sont positionnés sur le palais et le plancher, dans des plans différents et le plus espacé possible. Le

choix des repères s'est porté sur des gommettes en relief avec des angles vifs. Ces repères vont servir à la superposition des modèles initiaux et diagnostiques.

Une fois ces repères placés, des duplicatas des modèles sont réalisés. Ces duplicatas vont servir à la réalisation du set up orthodontique en fonction du plan de traitement orthodontique détaillé par l'orthodontiste. Ce protocole s'appuie aujourd'hui sur un set up fait sur le plâtre.

Le set up numérique pourra à l'avenir faire partie du protocole.

Une recommandation primordiale est à respecter pour le set up en plâtre : la hauteur des bords libres et des pointes cuspidiennes des dents par rapport au socle du modèle doit être fixe. Pour respecter ce principe, les modèles doivent être montés en articulateur avant la réalisation du set up, ce qui permet de conserver la dimension verticale de départ.

Une fois le set up orthodontique réalisé, des cires diagnostiques (wax up) sont montées au niveau des édentements, selon un projet prothétique conforme à la demande du praticien prothésiste. Des dents du commerce, dont la taille et la forme conviennent, peuvent aussi être utilisées à ce stade.

Les modèles initiaux et les modèles diagnostiques sont successivement scannés à l'aide d'un scanner surfacique au laboratoire de prothèse. A l'issue de ce scan surfacique, on obtient quatre fichiers au format STL. Ils correspondent à la situation initiale nommée « max init.stl » et « mand init.stl » et à la situation finale nommée « max fin.stl » et « mand fin.stl ».

A l'issue de cette phase d'étude préliminaire, le praticien a en sa possession le fichier DICOM issu de l'acquisition radiologique et les quatre fichiers STL issus des acquisitions surfaciques des modèles initiaux et finaux. La planification informatique sur le logiciel peut commencer.

4) Planification informatique tridimensionnelle

La planification informatique est l'étape novatrice de ce protocole. L'idée est de placer virtuellement les implants dans l'enveloppe osseuse disponible, en respectant les impératifs de fin de traitement orthodontique. Le transfert de cette position implantaire idéale en clinique se fait fidèlement au moyen d'un guide stéréolithographique.

Dans ce nouveau protocole, l'acquisition radiologique est faite dans les premiers stades cliniques. Ainsi, immédiatement, la solution implantaire peut être envisagée ou rejetée au regard des volumes osseux disponibles. A l'inverse, dans la méthode de Smalley, l'acquisition radiologique n'est faite qu'à la fin de l'étude clinique. L'inconvénient dans ce cas est qu'il faut parfois entreprendre un certain nombre d'étapes cliniques, longues et complexes, pour contre-indiquer à la fin, au vu des images radiologiques, la solution implantaire.

1- Importation des données DICOM :

Le fichier DICOM de l'acquisition radiographique est importé dans le logiciel Simplant. Le logiciel crée alors un fichier correspondant dont l'extension est .spr.

Sur le fichier .spr, il faut orienter les coupes et préciser s'il s'agit du maxillaire ou de la mandibule en cliquant sur les cases contenant des points d'interrogation.

2- Segmentation :

Dans le protocole exposé, la segmentation vise à créer une image 3D des structures calcifiées du patient en fonction de densités radiographiques choisies. On peut sélectionner des valeurs pré-établies de densité correspondant à des types anatomiques (type osseux, dentaire, ...). On sélectionne par exemple, dans un premier temps, la densité correspondant à l'os et l'on clique sur un point osseux du fichier .spr. Le logiciel peut alors reconstituer un objet 3D à partir des

coupes radiographiques. Il est conseillé de faire une segmentation dent par dent afin de pouvoir les faire apparaître et disparaître à volonté des maxillaires après superposition des modèles 3D.

Le nerf alvéolo-dentaire inférieur, considéré comme une structure noble, est repéré et individualisé sous la forme d'un objet 3D.

La segmentation peut être très poussée, jusqu'à l'individualisation de toutes les structures, mais cela nécessite une très bonne maîtrise du logiciel et beaucoup de temps. La société Materialise Dental propose de réaliser cette segmentation, pour les praticiens qui le désirent.

3- le nettoyage 3D

Le nettoyage permet d'améliorer la lisibilité de l'image. L'ensemble des artéfacts radiologiques, principalement dus à la présence de restaurations métalliques sur les dents du patient, sont supprimés.

4- Choix des coupes anatomiques

Une courbe panoramique de référence, passant par le milieu du maximum de dents, est ensuite choisie. Elle permet de visualiser des coupes transverses à partir desquelles la pose virtuelle des implants est initiée. Le logiciel comprend une fonction de détection des collisions avec les structures nobles, utile pour le respect des distances de sécurité. La distance de sécurité entre une dent et un implant est de 3 mm et de 2 mm entre deux implants. Ces distances théoriques peuvent être ajustées par le praticien.

5- Importation des fichiers STL correspondants à l'acquisition surfacique des modèles initiaux et des modèles diagnostiques dits finaux

Cette phase nécessite le module OMS du logiciel Simplant.

La première étape consiste à inclure le fichier init.stl sur les structures issues de l'acquisition radiologique. Des repères anatomiques fiables sont choisis pour cette superposition ; il s'agit le plus souvent de pointes cuspidiennes peu abrasées. Parfois la résolution des images issues de l'acquisition radiologiques n'est pas très bonne et rend difficile cette superposition. Un ajustement manuel peut améliorer cette étape.

La deuxième étape consiste à superposer le fichier fin.stl au fichier init.stl déjà importé, au moyen des repères non anatomiques mis en place pendant la préparation des modèles au niveau du palais et du plancher buccal.

Une fois l'importation dans le logiciel des données de l'acquisition radiologique et des données issues des scans surfaciques des modèles initiaux et diagnostiques, la simulation chirurgicale peut avoir lieu.

6- Simulation chirurgicale :

La simulation de la chirurgie orthognatique, si celle-ci est prévue, doit être faite en première intention car elle influe sur les rapports inter-arcades et donc sur la simulation chirurgicale implantaire.

. Chirurgie orthognatique virtuelle :

Dans les traitements ortho-chirurgicaux, la chirurgie orthognatique fait partie de la planification tridimensionnelle.

Une céphalométrie 3D est réalisée sur le logiciel Simplant OMS par le chirurgien maxillo-facial et l'orthodontiste. La céphalométrie 3D utilisée dans ce protocole a été établie par les docteurs D. Deffrennes et A. Decker. Ils utilisent comme points céphalométriques 3D l'épine nasale antérieure (ENA), le porion (Po) droit et gauche et le point sous-orbitaire (OR) droit et

gauche, et tracent 3 plans virtuels : le plan de francfort (PF), un plan frontal perpendiculaire à PF passant par le Po, et un plan esthétique médian perpendiculaire à PF passant par ENA.

Le chirurgien mesure ensuite la distance qui sépare les pointes canines avec ces trois plans et compare les côtés droit et gauche. Il réalise des mesures comparables au niveau de la cuspidé mésio-palatine des premières molaires maxillaires. Ces mesures rendent compte de l'inclinaison du plan d'occlusion par rapport au plan de Francfort et d'une éventuelle bascule du plan d'occlusion. La chirurgie virtuelle orthognatique commence par placer le maxillaire de manière à corriger une mauvaise inclinaison ou une bascule du plan d'occlusion maxillaire. Cette correction du maxillaire tient compte aussi de l'examen clinique et notamment de la situation verticale du maxillaire. Prenons l'exemple d'un sourire gingival nécessitant une impaction du maxillaire : le chirurgien note cliniquement la quantité d'impaction nécessaire qu'il simule ensuite sur le logiciel.

Une fois le maxillaire correctement placé dans les 3 sens de l'espace, il guide le positionnement virtuel de la mandibule pour l'obtention de bons rapports d'occlusion antéro-postérieurs. En présence d'une asymétrie mandibulaire, le but sera de symétriser la mandibule dans le plan frontal par un mouvement de rotation.

Lorsque la planification 3D de la chirurgie orthognatique est validée, un guide chirurgical stéréolithographique est commandé auprès de Materialise Dental qui servira au transfert fidèle pendant la chirurgie orthognatique, de la position des maxillaires décidée lors de la planification.

. Pose virtuelle des implants mixtes :

La planification informatique permet de placer les implants dans une position précise, déterminée dans les trois sens de l'espace, qui tient compte de la situation initiale et de la situation finale. Les implants doivent être posés dans l'enveloppe osseuse initiale ; leur position et leur axe tiennent compte des rapports intra et inter-arcades obtenus en fin de

traitement selon le projet thérapeutique ; la finalité prothétique et toutes les règles biomécaniques encadrant les prothèses implanto-portées sont respectées.

Le logiciel permet la mesure de distances entre l'implant et les structures nobles, la mesure de l'épaisseur des corticales osseuses et aussi, de faire apparaître ou disparaître des structures selon le besoin.

Pour débiter la pose virtuelle des implants, il faut procéder à des extractions virtuelles pour faire apparaître uniquement l'objet 3D du modèle final. La pose virtuelle implantaire se fait sur ce modèle final au niveau des édentements, sur les coupes transverses. L'axe implantaire est choisi en fonction des dents voisines dans l'enveloppe osseuse disponible. Ensuite on fait apparaître les coupes vestibulo-linguales pour ajuster le positionnement des implants en fonction du wax up prothétique et de l'émergence occlusale de l'implant. Une émergence occlusale au centre de la dent prothétique permet de réaliser une couronne implanto-portée transvissée plutôt que scellée.

On s'assure ensuite en faisant apparaître de nouveau les dents dans leur position initiale que les implants peuvent être placés selon la planification sans risquer de léser une dent. C'est aussi au moment de la planification que l'on prend conscience du volume osseux disponible et que l'option d'une greffe osseuse est envisagée.

Lorsque la planification des implants est validée, un guide stéréolithographique est commandé qui servira à la chirurgie implantaire guidée. Ce guide est à appui dentaire uniquement ; il doit être réalisé à partir des données issues du scanner surfacique des modèles initiaux. Ce guide présente des puits de forage indispensables au transfert fidèle de la position et de l'axe implantaire au cours de la chirurgie.

.Chirurgie guidée :

La chirurgie implantaire est impérativement réalisée avec le guide chirurgical ; ce dernier doit être essayé pour s'assurer de son adaptation et vérifier qu'il ne bascule pas. La chirurgie se fait après avoir levé un lambeau de pleine épaisseur. Un bon maintien du guide tout au long des différents forages est indispensable ; en effet, une erreur même minime de positionnement du guide sur les dents supports peut avoir des répercussions dommageables sur le placement des implants.

7- Avantages et inconvénients de la planification 3D

. Avantages :

La planification 3D sur informatique permet le positionnement virtuel des bases osseuses et des implants. C'est donc une approche nouvelle dans l'étude de la situation clinique et du projet thérapeutique. Le transfert en clinique se fait par le biais de guides chirurgicaux garants de la conformité exacte de l'acte opératoire avec le projet thérapeutique prévisualisé. Les chirurgies orthognatique et implantaire se font donc en toute sécurité. Habituellement, on a recours à un guide chirurgical au cours de la chirurgie orthognatique lorsque la chirurgie des bases osseuses a lieu avant la préparation orthodontique, ce qui est assez rare. Dans cette situation particulière, l'occlusion ne sert pas le chirurgien dans le positionnement des maxillaires ; le guide chirurgical remplace cela. Dans le protocole décrit, l'utilisation d'un guide de transfert pour la chirurgie orthognatique est indispensable. Si la chirurgie orthognatique guidée est encore peu rentrée dans les mœurs, la chirurgie guidée implantaire, en revanche, est plus largement acceptée et pratiquée. Elle assure une plus grande précision comparée à une mise en place des implants à main levée. La chirurgie implantaire guidée permet en outre de mieux optimiser le volume osseux disponible.

Si la planification 3D et la chirurgie guidée semblent être un atout indéniable, il ne faut pas sous-estimer le degré d'imprécision lié à cette technique. Au sein de ce protocole, chaque étape, qu'elle soit clinique ou de laboratoire, peut être source d'imprécisions.

La prise d'empreinte peut être responsable d'erreurs d'enregistrement. Il faut éviter le tirage et enregistrer fidèlement l'anatomie du patient. La coulée des empreintes doit être parfaitement réalisée, sans bulles ni manques. La duplication des modèles obtenus doit garantir l'obtention de modèles identiques. Toute erreur entraînera la difficulté de les superposer.

Lors de l'imagerie 3D, une mauvaise position du patient dans l'appareil radiologique augmente le risque de distorsion de l'image. Le jig occlusal, servant lors de l'acquisition radiologique, doit impérativement placer les arcades en position de relation centrée. Ceci est primordial pour respecter un des objectifs de fin de traitement : la correspondance de la position d'intercuspidie maximale et de la position de relation centrée.

A ceci s'ajoutent les erreurs possibles de fabrication du guide stéréolithographique.

L'essayage en bouche du guide est indispensable pour s'assurer de sa stabilité sur les structures dentaires et de son immobilité complète. Le risque de bascule est majoré dans les situations d'édentements en extension. La chirurgie guidée reste une technique opérateur-dépendante associée à une courbe d'apprentissage.

Toutes ces sources d'inexactitudes prises en compte, le degré d'imprécision de la planification thérapeutique et de sa réalisation est estimé à 1 millimètre. Cette valeur impose un strict respect des marges de sécurité appliquées aux implants vis-à-vis des obstacles anatomiques. Cette quantité d'imprécision est acceptable. En effet, le degré d'erreur est plus marqué lorsque la chirurgie est non guidée. En ce qui concerne les implants conventionnels à fonction mixte, la rigueur de positionnement est telle qu'elle ne peut tolérer aujourd'hui une chirurgie non planifiée et non guidée.

. Inconvénients :

L'inconvénient majeur de ce protocole est d'ordre pécuniaire. L'achat du logiciel, le coût de la segmentation faite par Materialise Dental et la commande du guide pour chaque cas clinique sont forcément des charges que le praticien reporte sur le patient.

La bonne maîtrise du logiciel est indispensable. Elle implique des efforts et du temps.

Chaque cas clinique à l'étude donne lieu aux mêmes étapes de planification.

Enfin, ce protocole doit être réservé aux chirurgiens aguerris à la chirurgie guidée.

Le protocole décrit implique une grande rigueur dans l'élaboration des différentes étapes cliniques, de laboratoire et de planification informatique. Bien mené, il assure une bonne fiabilité de ces traitements pluridisciplinaires associant l'orthodontie et l'implantologie.

Il est le fruit d'une réflexion collégiale entre l'orthodontiste, le chirurgien implantaire et le prothésiste clinique, visant à apporter au patient le meilleur service rendu et la plus grande satisfaction sur le plan esthétique et fonctionnel.

III. Présentation d'un cas clinique :

Ce cas clinique a été traité au sein de l'hôpital Bretonneau par le docteur K. Davarpanah pour les soins dentaires et la partie implantaire; le docteur A. Decker a apporté son aide à la réalisation du set up orthodontique et à la planification informatique. Le traitement orthodontique a été réalisé par mes soins dans le cadre du CECSMO.

1) Dossier avant traitement :

1- Historique et présentation générale :

Madame M., âgée de 57 ans, en bonne santé générale, consulte sur les conseils de son dentiste, pour savoir si l'orthodontie peut apporter une réponse à sa demande esthétique et fonctionnelle.

La patiente est, en effet, sur le point d'entreprendre la réfection de ses prothèses dentaires usées. Elle évoque à cette occasion à son dentiste qu'elle aimerait corriger le chevauchement de ses dents de devant.

2- Examen clinique :

a- examen exo-buccal :



Figure 15 : Photos exo-buccales de face, de profil, sourire

Madame M. présente un visage de forme ovale, long, symétrique, avec augmentation de l'étage inférieur de la face. La lèvre supérieure est longue, le philtrum est distendu et les sillons naso-géniens sont marqués.

Le profil est légèrement convexe. Il est de type orthofrontal. L'angle naso-labial est fermé. Le profil sous-nasal est rectiligne. Les lèvres sont bien placées dans le profil. L'occlusion labiale au repos est obtenue sans contraction des muscles péri-oraux.

Lors du sourire, la gencive n'est pas découverte. 75% de la hauteur coronaire des incisives supérieures est visible. La lèvre inférieure recouvre légèrement le bord libre des incisives supérieures.

b- examen endo-buccal :



Figure 16 : Photos endo-buccales. Rapports inter et intra-arcades

L'hygiène de la patiente est bonne.

Son parodonte est sain, de phénotype épais au maxillaire et fin à la mandibule. La hauteur de gencive attachée est faible en vestibulaire de 44,45,47,48,37,38,17 sans signes évolutifs. Les muqueuses sont saines, les freins sont à distance et la langue est de volume et de mobilité normale.

La formule dentaire est atypique et devra être confirmée par la radiographie panoramique : une dent naine en distal de 18, trois molaires et une prémolaire secteur 3, deux molaires et trois prémolaires secteur 4.

La patiente présente de nombreuses restaurations prothétiques fixes : un bridge (14)-15-16, une couronne unitaire sur 12, un bridge 34-(36)-37, un bridge 44-45-(46)-47 et des soins restaurateurs sur 21 en distal, 22 en mésial et 17, 27, 26, 38, 48 en occlusal.

11, 21 et 22 sont en malposition ainsi que 42,32 et 33. Des usures dentaires sont visibles au niveau des bords incisifs et des pointes canines.

Les arcades sont symétriques mais de formes non concordantes : l'arcade maxillaire est en forme de lyre et l'arcade mandibulaire en forme de U.

Les courbes de Spee sont très marquées à la mandibule, de 6 mm à gauche et 4,5 mm à droite.

Les rapports inter-arcades montrent des rapports de classe II d'Angle canine bout à bout, avec un surplomb augmenté égal à 5 mm, un recouvrement incisif normal égal à 2mm et une légère déviation du milieu incisif supérieur de 1 mm à gauche. Les rapports transversaux sont harmonieux. L'intercuspidie maximale correspond à la position de relation centrée.

c- Examen cinétique :

Les mouvements mandibulaires sont symétriques, d'amplitude normale, sans troubles de l'articulation temporo-mandibulaire.

Le guide incisif est compétent avec désocclusion postérieure. Les diductions sont prises en charge par les prémolaires maxillaires. Il existe un contact non travaillant sur 27-38 lors de la diduction droite.

d- Examen fonctionnel :

L'examen fonctionnel ne révèle ni dysfonction, ni parafonction.

3- Examens complémentaires :

Les examens suivants, la panoramique dentaire et la téléradiographie de profil, ont été demandés avant de savoir que la patiente serait candidate au protocole. Les ayant, il m'a semblé intéressant de les incorporer à ce travail. Toutefois, dans le cadre du protocole présenté, ces documents ne sont pas nécessaires; ils sont substitués par l'imagerie 3D.

a- Examen panoramique (daté du 16 mars 2009)

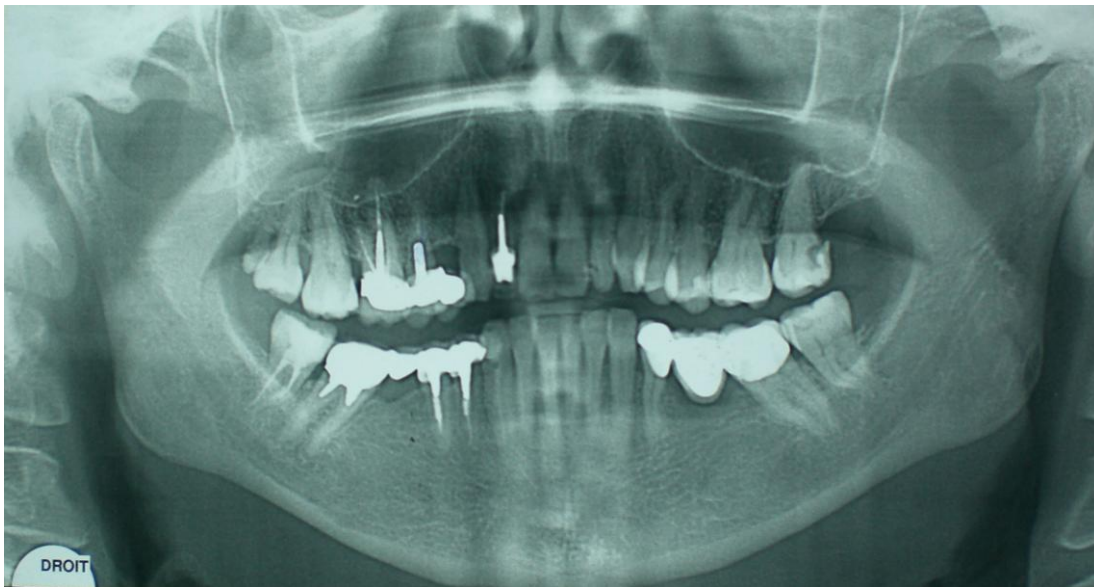


Figure 17 : Radiographie panoramique

L'observation comparative des condyles mandibulaire suggère une hypoplasie du condyle droit.

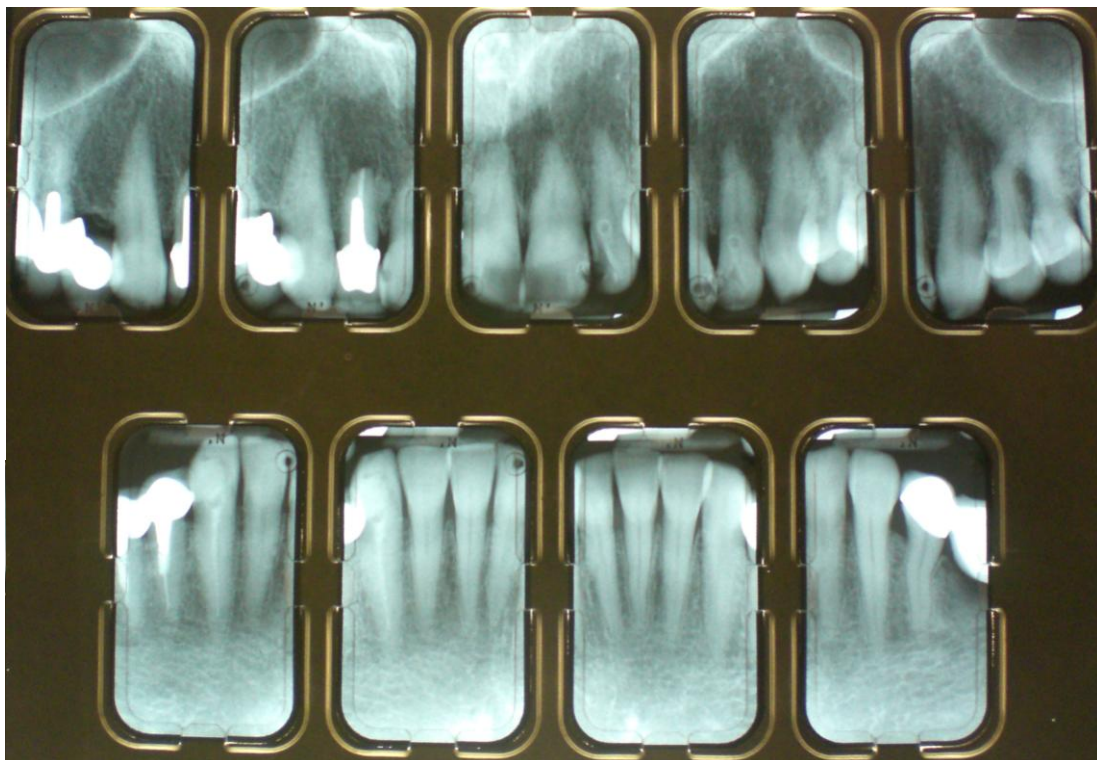
La formule dentaire est clarifiée. La patiente est en denture adulte incomplète par absence de 14-28-35-36-46 avec la présence d'une dent surnuméraire 18 bis.

Les nombreux soins dentaires rendent compte d'un passé dentaire important. Il n'y a pas, en revanche, de carie active. La carie de 27 a été traitée.

On a une vision plus complète des restaurations prothétiques fixées: bridge 16-15 avec 14 en cantilever, une couronne céramo-métallique avec un inlay core sur 12, un bridge 44-47 avec un intermédiaire, un bridge 34-35-37 avec un intermédiaire. On note la perte de la restauration coronaire distale de 27. De nombreuses dents sont dévitalisées avec un traitement endodontique plus ou moins complet : 16-15-12-43-44-45-47. Des tenons radiculaires ancrent les racines de 16-15-12-44-45 et 47.

L'anatomie radiculaire n'est pas favorable avec des racines fines et courbes.

b- Bilan rétro-alvéolaire (daté du 2 juin 2010)



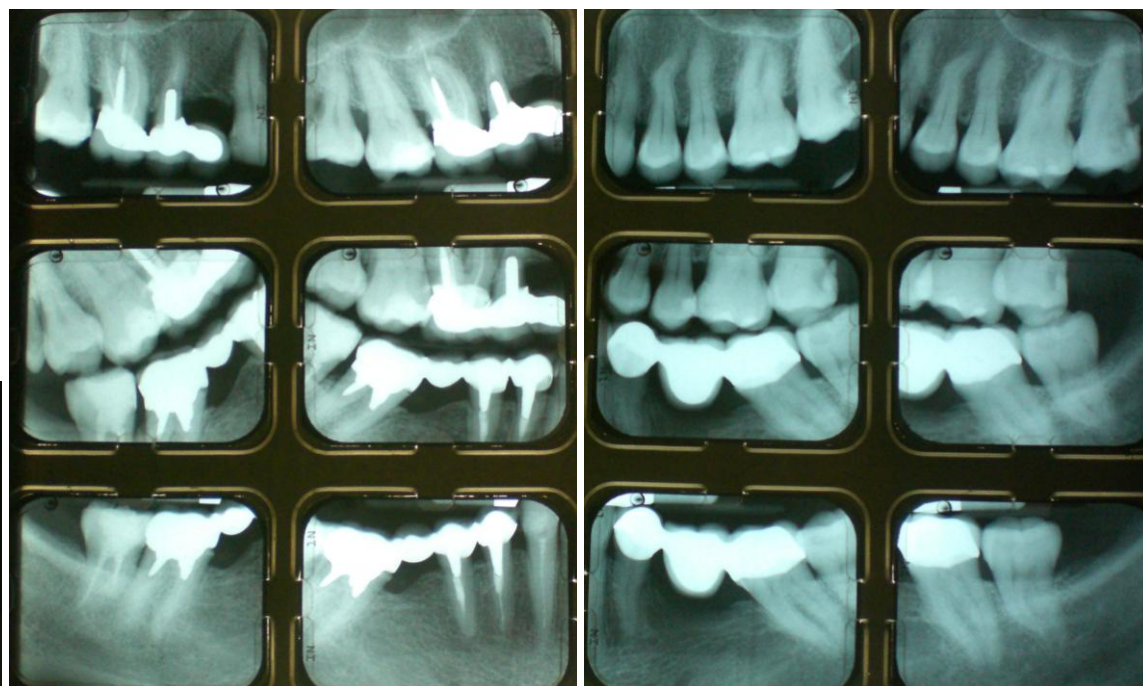


Figure 18 : Radiographies rétro-alvéolaires et rétrocoronaires

Cet examen analyse les structures dento-pardontales de manière plus précise. Il met en évidence une alvéolyse osseuse horizontale faible. Une lyse osseuse plus marquée est visible au niveau du site d'extraction de 36 et en mésial de 47.

Certaines racines sont fines et courbes (24-25) et d'autres présentent des résorptions externes : 22 a subi une résection apicale et les apex de 11 et 21 sont émoussés.

Le tenon radiculaire de 15 est très volumineux ce qui a fragilisé sa racine. 47 présente deux tenons sans qu'il y ait eu de traitement radiculaire.

La couronne de 16 présente un défaut d'adaptation en mésial, de même que 47 en distal. Il n'y a toutefois pas de reprise de carie.

d- Téléradiographie de profil (datée du 2 juin 2010)

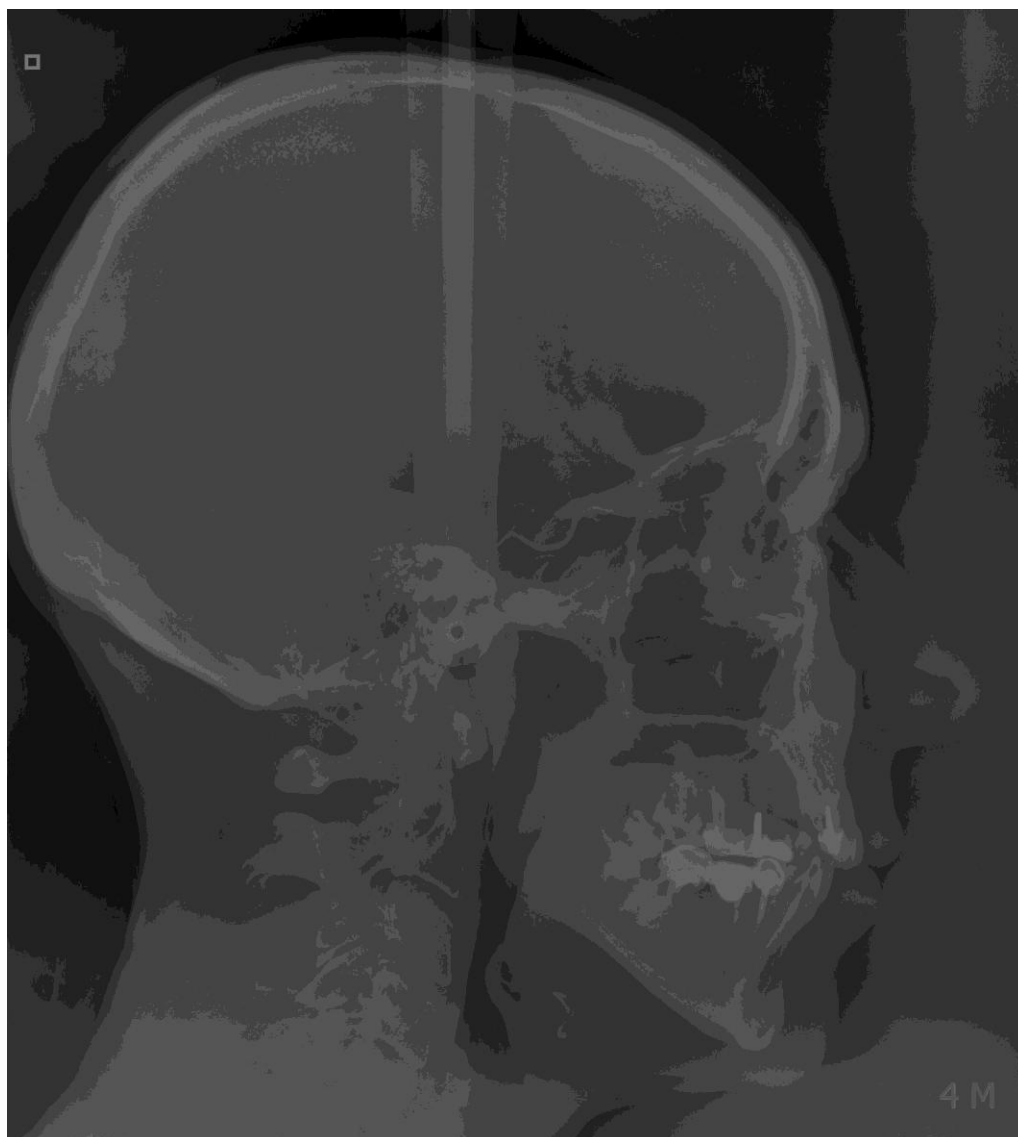


Figure 19 : Téléradiographie de profil en occlusion

L'examen d'ensemble ne montre pas d'anomalie des structures osseuses crânio-faciales.

L'analyse typologique va dans le sens d'une rotation de croissance postérieure modérée.

Une analyse céphalométrique analytique, selon Tweed, a été réalisée. Les valeurs mesurées sont reportées dans le tableau ci-dessous.

	Objectifs	06-2010
FMIA	67° +/- 3	66
FMA	25° +/- 3	27
IMPA	88° +/- 3	87
SNA	82°	82
SNB	80°	74
ANB	2°	8
I / PF	107°	117
AoBo	2mm +/- 2	7
Plan occl.	10°	-1°
I/i	135°	129
Angle Z	75° +/- 5	76
Hfa	65	73
Hfp	45	49
Index post / ant	0.69	0.67
SN / Francfort	8°	18

Figure 20 : Analyse céphalométrique de Tweed

Les rapports squelettiques sont de classe II de Ballard (ANB=8°), confirmés par l'AoBo de Jacobson (Ao-Bo=7mm), par rétrognathie mandibulaire (SNB=74°) sur un schéma facial normo-divergent tendance hyperdivergent (FMA=27°)

L'index de hauteur facial est légèrement diminué en raison d'une augmentation plus importante de la hauteur faciale antérieure.

Les incisives sont bien placées. Le plan d'occlusion, en revanche, est perturbé par la réalisation déficiente des prothèses fixées dans les secteurs postérieurs.

4- Diagnostic :

Madame M., âgée de 57 ans, en bonne santé générale, consulte sur les conseils de son dentiste auprès duquel elle envisage la réfection de ses prothèses dentaires, pour savoir en quelle mesure l'orthodontie pouvait lui permettre d'améliorer son alignement dentaire et son sourire.

Elle présente :

- sur le plan dentaire :

. Une denture adulte incomplète par absence de 14-28-35-36-46 et présence d'une dent surnuméraire 18 bis

. Denture caractérisée par la présence de nombreuses restaurations prothétiques fixées pour le remplacement des dents manquantes (couronne unitaire sur 22 ; bridge 16-15 et 14 en cantilever ; bridge 34-37 avec une molaire comme intermédiaire ; bridge 44-45-47 avec une prémolaire comme intermédiaire) , des restaurations foulées (17,26,27,38,48) et des dents dévitalisées (16-15-12-44-45-47) avec des traitements radiculaires plus ou moins complets. On note un défaut d'adaptation de la couronne de 16 de la couronne 47 et la perte de la restauration coronaire de 27.

. Anatomie radiculaire défavorable : racines courbes et fines (24-25), séquelle d'une résection apicale sur 22, apex émoussés de 11 et 21. La racine de 15 est très fragilisée par un tenon radiculaire volumineux.

. une malocclusion de classe II.1 d'Angle (classe I canine bout à bout) avec un surplomb de 5 mm et un recouvrement de 2 mm

. Une dysharmonie dento-maxillaire à forme d'encombrement dentaire léger (incisif maxillaire et incisivo-canine mandibulaire) et d'accentuation sévère de la courbe de Spee.

- sur le plan squelettique :

. Classe II squelettique de Balard par rétrognathie mandibulaire sur schéma facial normodivergent tendance hyperdivergente, avec des signes modérés de rotation postérieure de Björk

- sur le plan fonctionnel :

. Normo-fonctions

. Tonicité musculaire moyenne

. Ronflements nocturnes

- sur le plan esthétique :

- . Préjudice esthétique facial faible
- . Visage harmonieux avec une légère augmentation de la hauteur faciale antérieure
- . Sillons naso-géniens marqués, lèvre supérieure longue
- . Profil global un peu convexe, profil sous-nasal rectiligne
- . Lèvres bien placées dans le profil, angle naso-labial fermé
- . Distance cervico-mentonnière diminuée

5- Objectifs de traitement :

- sur le plan dentaire :

- . Alignement et nivellement des arcades
- . Classe I d'angle canine
- . Réduction du surplomb
- . Alignement des milieux incisifs
- . Permettre la réfection des prothèses dans de bonnes conditions
- . Eviter les souffrances radiculaires

- sur le plan squelettique :

- . Conserver un schéma facial équilibré
- . Corriger le décalage squelettique des bases osseuses

- sur le plan fonctionnel :

- . Favoriser une libération du carrefour aéro-pharyngé pour ne pas aggraver les ronflements

- sur le plan esthétique :

- . Conserver les rapports labiaux

6- Moyens thérapeutiques :

a- Protocole ortho-chirurgical avec chirurgie d'avancée mandibulaire

Le protocole ortho-chirurgical a été proposé en première intention. Le recours à la chirurgie permet de corriger la rétrognathie mandibulaire, d'accéder à la classe I d'Angle tout en limitant les déplacements dentaires. La distance cervico-mentonnière est augmentée ce qui est en faveur d'une réduction des ronflements. Sur le plan esthétique, l'avancée squelettique permet de retendre les tissus cutanés et d'avoir un effet « lifting ».

Suite à cette proposition thérapeutique et malgré une certaine réticence, la patiente a rencontré le chirurgien maxillo-facial. Après réflexion, elle a refusé l'option chirurgicale.

b- Classe II thérapeutique avec extraction de deux prémolaires maxillaires

A l'issue de cela, nous nous sommes penchés sur l'option de la classe II thérapeutique. Cette option, bien que proposée en seconde intention, semble un compromis satisfaisant dans la mesure où le préjudice esthétique du décalage des bases osseuses est faible, que l'angle naso-labial est fermé et qu'il lui manque déjà une première prémolaire à droite. Le risque de résorption radiculaire reste présent. Ce choix thérapeutique est retenu en accord avec la patiente.

c- Discussion avec le dentiste traitant

Le dentiste émet un pronostic défavorable pour la conservation de 15. Il propose de la remplacer par une prothèse implanto-portée. Cet élément est alors décisif : la patiente remplit les indications du protocole. Elle devient candidate au protocole.

2) Mise en place du protocole :

1) Examen radiologique :

- Réalisation d'un jig occlusal en résine afin d'obtenir une désocclusion légère des arcades dentaires
- Prescription d'un examen scanner tête entière. Cet examen a été choisi pour des raisons externes au protocole. Un CBCT grand champ (option chirurgicale à discuter) est l'examen de choix.
- Obtention des fichiers DICOM

2) Etude clinique :

- Réalisation des empreintes des arcades au matériau silicone
- Obtention des modèles initiaux
- Enregistrement du rapport inter-maxillaire en position de relation centrée
- Montage en articulateur des modèles initiaux



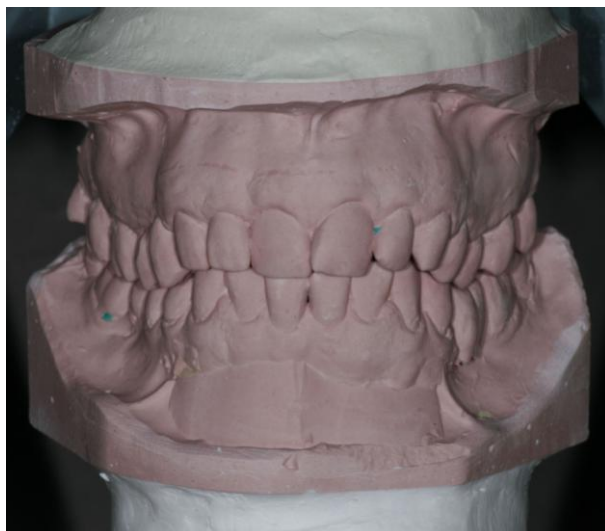


Figure 21 : Modèles initiaux montés en articulateur

- Mise en place de repères construits au niveau du palais et du berceau lingual

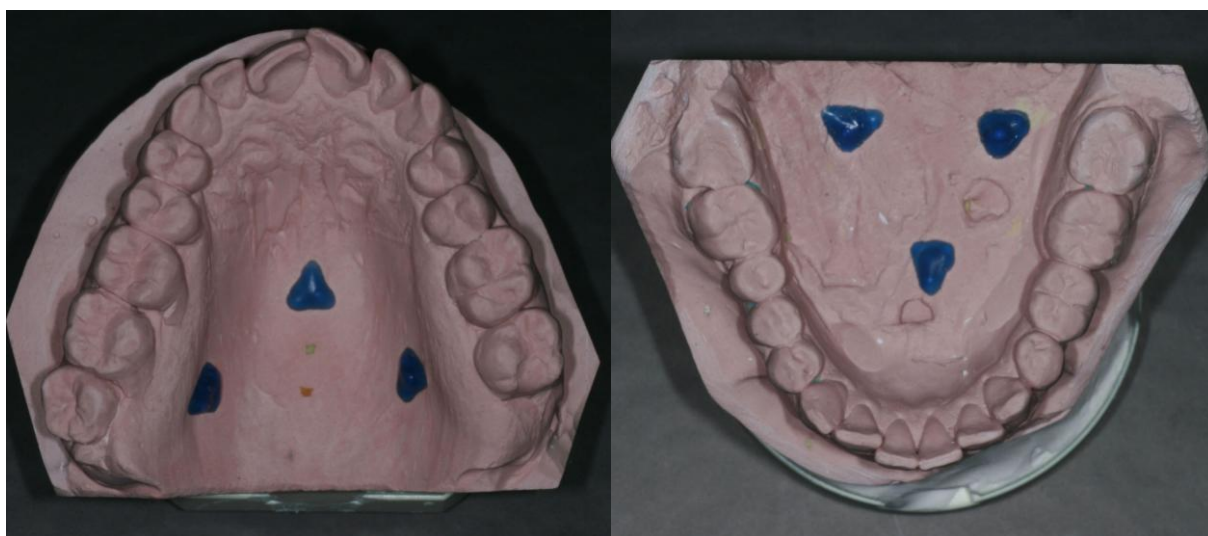


Figure 22 : Modèles initiaux avec repères sur le palais et le plancher buccal avant duplication

- Duplication des modèles initiaux avec les repères
- Prescription du set up orthodontique et du wax up prothétique



Figure 23 : Modèles de set up orthodontique

-Contrôle des modèles diagnostiques



Figure 24 : Modèles de set up orthodontique montés en articulateur

- Scan surfacique des modèles initiaux et diagnostiques
- Obtention des fichiers .stl des modèles initiaux et finaux

3) Planification informatique :

- Importation des fichiers DICOM
- Segmentation
- Nettoyage 3D
- Choix des coupes anatomiques
- Importation des fichiers .stl des modèles initiaux grâce à des repères anatomiques choisis correspondant à des cuspidés dentaires

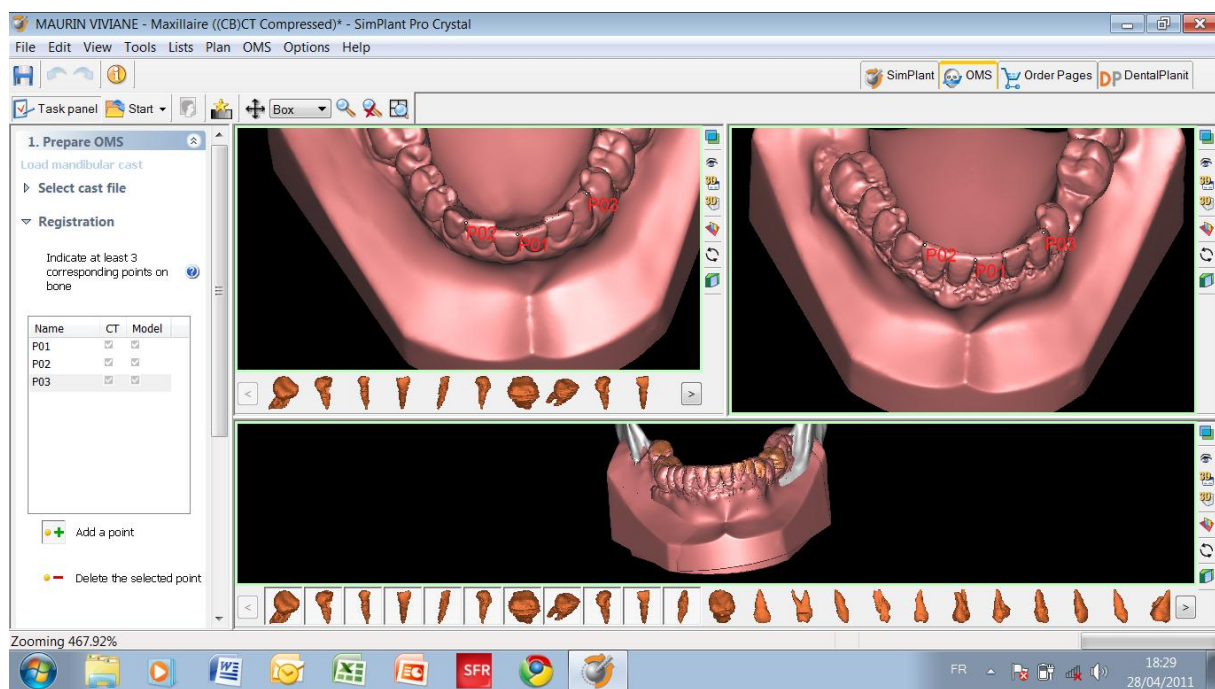


Figure 25 : Interface du logiciel implant OMS. Les bords libres P0 sont utilisés pour superposer les scans surfaciques des modèles initiaux sur les données radiologiques Dicom

- Importation des fichiers .stl des modèles finaux (diagnostiques) grâce aux repères construits présents sur le palais et le berceau lingual

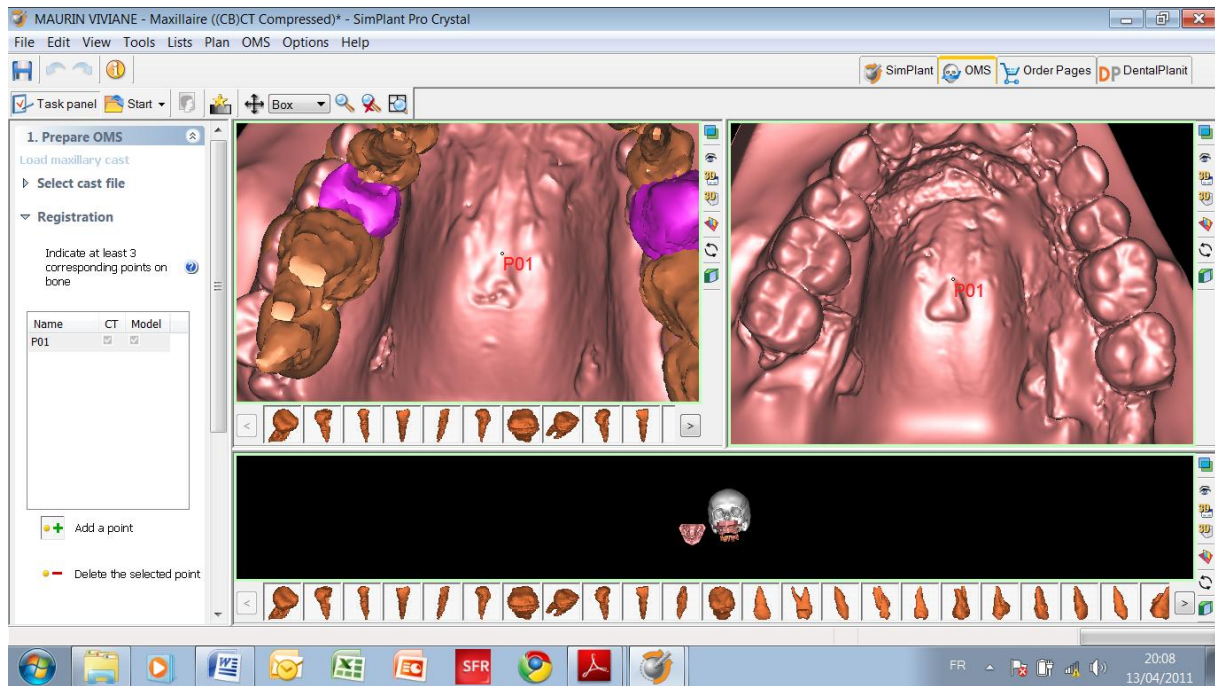


Figure 26 : Interface du logiciel Simplant OMS. Superposition du scan surfacique du modèle de set up maxillaire sur le scan surfacique du modèle initial maxillaire grâce au repère P01 du palais

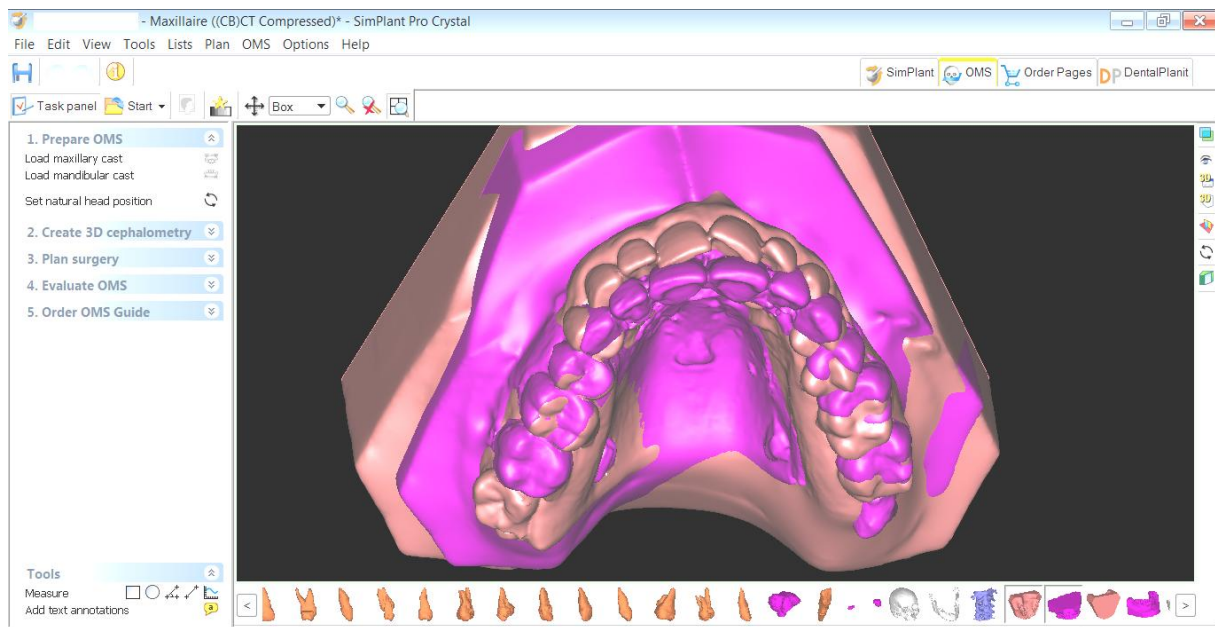


Figure 27 : Interface du logiciel Simplant OMS. Les scans surfaciques du modèle initial maxillaire et du set up orthodontique maxillaire sont superposés.

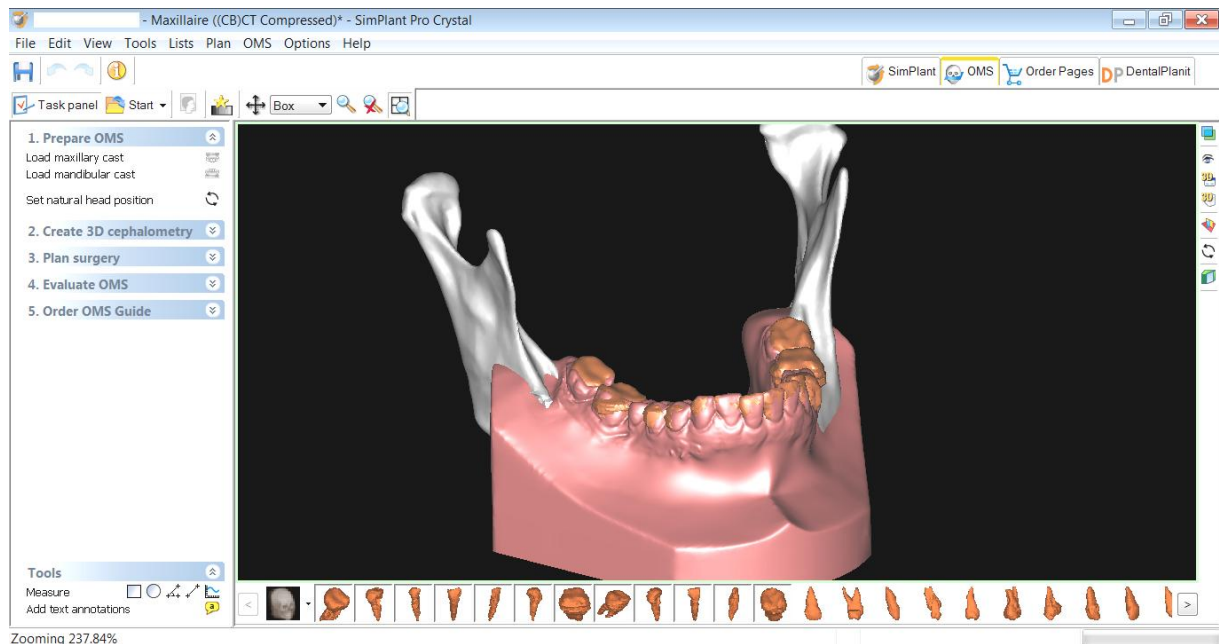


Figure 28 : Interface du logiciel Simplant OMS. Les scans surfaciques du modèle initial mandibulaire et du set orthodontique mandibulaire sont superposés.

4) Simulation chirurgicale :

- Pose virtuelle des implants dans l'enveloppe osseuse initiale

Leur position et leur axe tient compte des rapports intra et inter arcades des modèles de fin de traitement

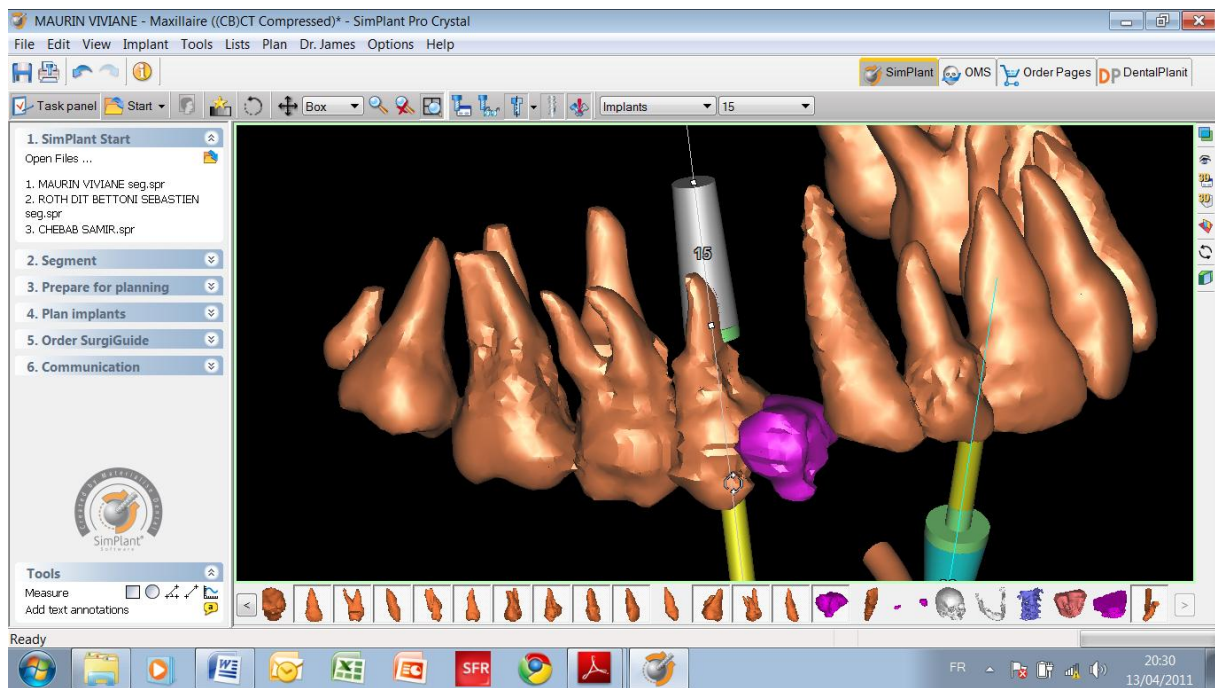


Figure 29 : Interface du logiciel Simplant OMS. Prévisualisation de l'implant en position de 15.

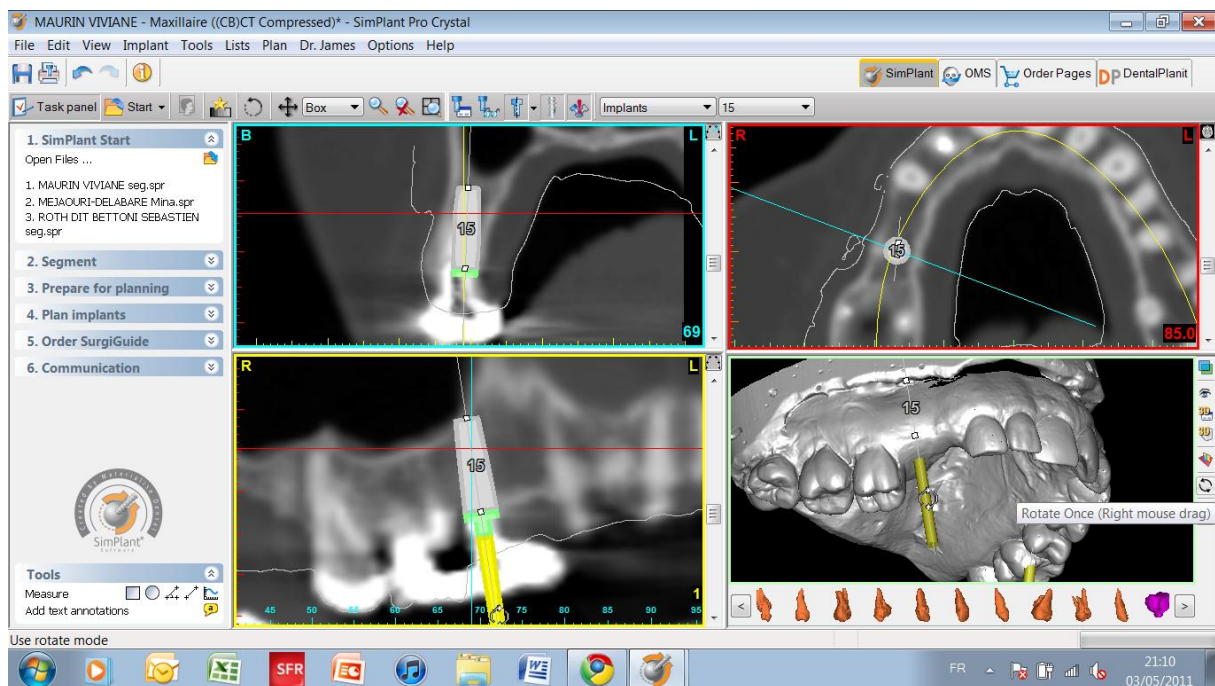


Figure 30 : Interface du logiciel Simplant OMS. Prévisualisation de l'implant en position de 15 et analyse du volume osseux et des obstacles anatomiques.

- Importation du fichier .stl d'un modèle initial maxillaire sur lequel on a supprimé les couronnes de 14 et 15. (Le protocole choisi ici d'extraction-implantation immédiate impose cette démarche supplémentaire)

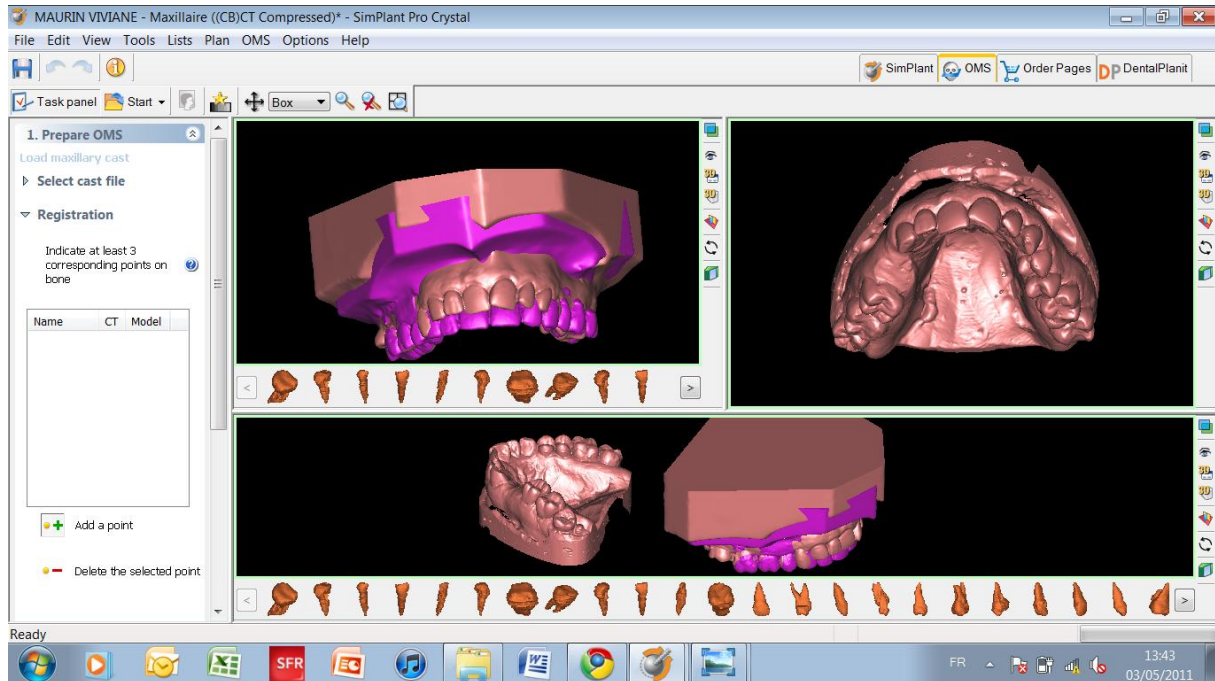


Figure 31 : Interface du logiciel Simplant OMS. Superposition du scan surfacique du modèle initial maxillaire après extraction sur le plâtre de 15, sur le scan surfacique du modèle de set up orthodontique maxillaire.

- Commande du guide chirurgical réalisé sur les modèles initiaux tronqués de 14 et 15. Ce guide permet le transfert précis en clinique de la position et de l'axe implantaire de l'implant en position de 15.

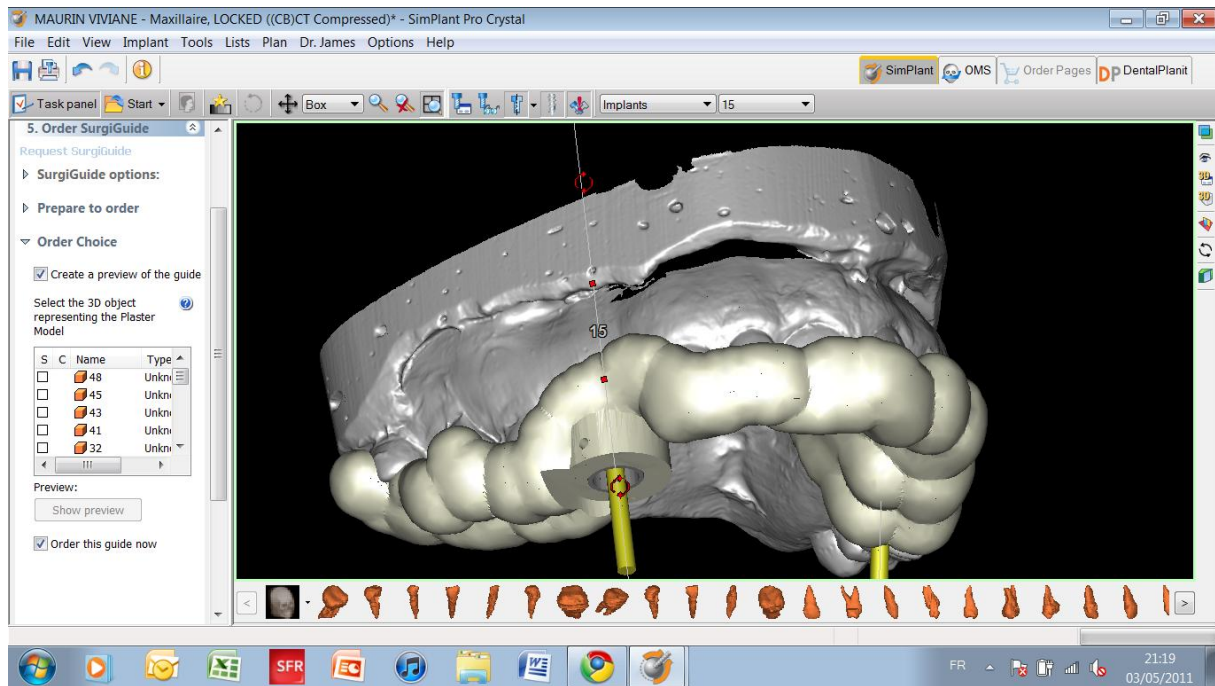


Figure 32 : Interface du logiciel Simplant OMS. Commande du guide de chirurgie implantaire réalisé sur le modèle initial, pour la pose guidée de l'implant en position de 15.



Figure 33 : Guide chirurgical pour la pose de l'implant en position de 15.

5) Chirurgie guidée :

Pose d'un implant en place de 15 et 36 au moyen des guides chirurgicaux

6) Mise en place de la couronne provisoire sur le pilier implantaire de 15 :

Réalisation d'une couronne provisoire de laboratoire en composite, grâce à l'isomoulage du wax up du modèle diagnostique

7) traitement orthodontique :

19 Mai 2011 : Collage arcade supérieure et inférieure. Arcs Niti .014.

Facettes en distal de 13.



23 Juin 2011 : Bague sur 36. Arcs Niti .016

05 Juillet 2011 : Extraction de 24. Facette au niveau de 24. Arcs Niti .016.022.

15 Septembre 2011 : Arc supérieur de recul en glissement .019.025 acier, non activé ce jour.

Patiente ré-adressée vers son dentiste pour la pose de la couronne provisoire sur implant de 15. Prescription d'une minivis entre 25 et 26 en vestibulaire.





20 Octobre 2011 : Ancrage indirect de la minivis à 25 et 26. Recul en masse sur la couronne sur implant à droite et sur 26 à gauche.

10 novembre 2011 : Collés tubes sur 37 et 47. Arc inférieur .016.022 Niti. Recul incisif maxillaire réactivé.

08 Décembre 2011 : Arc inférieur .019.025 acier avec omégas ligaturés. Réduction de l'arc supérieur en postérieur pour améliorer le glissement. Réactivation du recul en masse.

Prescription d'une panoramique et de rétro-alvéolaires centrées sur le secteur incisif supérieur. Pas de signe radiologique de souffrance radiculaire.



05 Janvier 2012 : Augmentation du torque corono-vestibulaire sur les incisives supérieures.

Recul unitaire de 23 à gauche. Recul en masse sur couronne sur implant de 15 à droite.

03 février 2012 : Contraction de l'arc supérieur et torque corono-lingual postérieur. Suite recul unitaire de 23 et recul en masse à droite.



06 Mars 2012 : Suite contraction de l'arc supérieur. Suite recul de 23 et en masse à droite.

29 mars 2012 : 23 est en classe I. Recul incisif à gauche. Recul en masse à droite. Mécanique de classe II et élastiques verticaux antérieurs.

25 avril 2012 : Réduction et contraction de l'arc maxillaire dans les secteurs latéraux. Suite recul incisif à gauche. Suite recul en masse à droite. Mésialisation de 46. Traction intra-arcade de l'oméga de recul incisif à 27. Suite tractions intermaxillaires de classe II et verticaux.

24 Mai 2012 : 23 ayant tourné, mise en place d'une chaînette anti-rotation. Contraction arc supérieur, expansion arc inférieur. Suite tractions.



A l'issue de ces résultats préliminaires, nous pouvons observer que la fermeture d'espace s'est faite plus rapidement dans le secteur gauche comparé au secteur droit. L'implant mis en position de 15 a permis un recul en masse, sans solliciter l'ancrage dentaire postérieur. En revanche, la difficulté rencontrée dans le recul en masse du secteur 2, avec ancrage postérieur conventionnel renforcé par la minivis en ancrage indirect, nous a finalement fait opté pour un recul en deux temps (recul de 23 puis recul incisif). Il ne semble pas y avoir eu de perte d'ancrage postérieur.

Conclusion

Les implants mixtes sont un atout incontestable dans les traitements orthodontiques complexes, avec un ancrage parodontal réduit ou des édentements. Utilisés comme ancrage osseux absolu, ils rendent les déplacements dentaires plus faciles, plus rapides. L'ancrage dentaire n'est plus sollicité, les effets parasites réduits.

La prévisualisation thérapeutique est une démarche intellectuelle très intéressante et la garantie d'atteindre les objectifs de fin de traitement, sans compromis.

Le protocole décrit demande beaucoup de rigueur, une maîtrise du logiciel Simplant et de la chirurgie guidée. De ce fait, son utilisation peut sembler lourde et coûteuse. Des efforts doivent être apportés pour rendre ce protocole plus accessible à tous. Depuis sa version originale, des nouveautés ont été apportées : les empreintes optiques et le set up numérique.

Bibliographie :

1. Alkahtani F. Orthodontic movement of teeth, osseointegrated implants, and the problem patient. *Dent Implantol Update*. 2003 juill;14(7):49–56.
2. Blanco Carrión J, Ramos Barbosa I, Pérez López J. Osseointegrated implants as orthodontic anchorage and restorative abutments in the treatment of partially edentulous adult patients. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2009 juin;29(3):333–40.
3. Celenza F, Hochman MN. Absolute anchorage in orthodontics: direct and indirect implant-assisted modalities. *J Clin Orthod*. 2000 juill;34(7):397–402.
4. Chen J, Chen K, Garetto LP, Roberts WE. Mechanical response to functional and therapeutic loading of a retromolar endosseous implant used for orthodontic anchorage to mesially translate mandibular molars. *Implant Dent*. 1995;4(4):246–58.
5. Costa A, Maric M, Danesino P. Comparison between two orthodontic skeletal anchorage devices: osseointegrated implants and miniscrews - Medical-Legal Considerations. *Prog Orthod*. 2006;7(1):24–31.
6. De Pauw GA, Dermaut L, De Bruyn H, Johansson C. Stability of implants as anchorage for orthopedic traction. *Angle Orthod*. 1999 oct;69(5):401–7.
7. Feldmann I. Orthodontic anchorage--Evidence-based evaluation of anchorage capacity and patients' perceptions. *Swed Dent J Suppl*. 2007;(191):10–86.
8. Feldmann I, Bondemark L. Anchorage capacity of osseointegrated and conventional anchorage systems: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 mars;133(3):339.e19–28.
9. Goodacre CJ, Brown DT, Roberts WE, Jeiroudi MT. Prosthodontic considerations when using implants for orthodontic anchorage. *J Prosthet Dent*. 1997 févr;77(2):162–70.
10. Heij DGO, Opdebeeck H, van Steenberghe D, Kokich VG, Belser U, Quirynen M. Facial development, continuous tooth eruption, and mesial drift as compromising factors for implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006 déc;21(6):867–78.
11. Heymann GC, Tulloch JFC. Implantable devices as orthodontic anchorage: a review of current treatment modalities. *J Esthet Restor Dent*. 2006;18(2):68–79; discussion 80.
12. Higuchi KW, Slack JM. The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1991;6(3):338–44.
13. Higuchi K. Orthodontic applications of osseointegrated implants. Chicago: Quintessence; 2000.
14. Hsieh Y-D, Su C-M, Yang Y-H, Fu E, Chen H-L, Kung S. Evaluation on the movement of endosseous titanium implants under continuous orthodontic forces: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*. 2008 juin;19(6):618–23.

15. Huang L-H, Shotwell JL, Wang H-L. Dental implants for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 juin;127(6):713–22.
16. Janssen KI, Raghoobar GM, Vissink A, Sandham A. Skeletal anchorage in orthodontics--a review of various systems in animal and human studies. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008 févr;23(1):75–88.
17. Kalha AS. Is anchorage reinforcement with implants effective in orthodontics? *Evid Based Dent.* 2008;9(1):13–4.
18. Kato S, Kato M. Moderately roughened- and roughened-surface implants used as rigid orthodontic anchorage: a case series. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2006;8(2):87–94.
19. Lazaro P. Relation orthodontie/implantologie: applications cliniques. *Réalités cliniques.* 1998;9(1):69–79.
20. Leclerc JF. [Osseointegrated implanted in lingual orthodontics]. *Orthod Fr.* 1997;68(1):197–205.
21. Mareuil P, Denes L. Pour une approche des relations entre l'orthodontie et l'implantologie. *Rev Orthop Dento Facial.* 1992;26:465–90.
22. Matthews DC. Osseointegrated implants: their application in orthodontics. *J Can Dent Assoc.* 1993 mai;59(5):454, 459–60, 463.
23. Melsen B, Lang NP. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clin Oral Implants Res.* 2001 avr;12(2):144–52.
24. Odman J, Lekholm U, Jemt T, Brånemark PI, Thilander B. Osseointegrated titanium implants--a new approach in orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 1988 mai;10(2):98–105.
25. Odman J, Lekholm U, Jemt T, Thilander B. Osseointegrated implants as orthodontic anchorage in the treatment of partially edentulous adult patients. *Eur J Orthod.* 1994 juin;16(3):187–201.
26. Oyonarte R, Pilliar RM, Deporter D, Woodside DG. Peri-implant bone response to orthodontic loading: Part 1. A histomorphometric study of the effects of implant surface design. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 août;128(2):173–81.
27. Palagi LM, Sabrosa CE, Gava ECB, Baccetti T, Miguel JAM. Long-term follow-up of dental single implants under immediate orthodontic load. *Angle Orthod.* 2010 sept;80(5):807–11.
28. Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *Angle Orthod.* 1989;59(4):247–56.
29. Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod.* 1984 août;86(2):95–111.
30. Roblee RD. Interdisciplinary dentofacial therapy: a comprehensive approach to optimal patient care. Quintessence; 1994.

31. Rose TP, Jivraj S, Chee W. The role of orthodontics in implant dentistry. *Br Dent J*. 2006 déc 23;201(12):753–64.
32. Shapiro PA, Kokich VG. Uses of implants in orthodontics. *Dent. Clin. North Am*. 1988 juill;32(3):539–50.
33. Skeggs RM, Benson PE, Dyer F. Reinforcement of anchorage during orthodontic brace treatment with implants or other surgical methods. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;(3):CD005098.
34. Smalley WM, Shapiro PA, Hohl TH, Kokich VG, Brånemark PI. Osseointegrated titanium implants for maxillofacial protraction in monkeys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988 oct;94(4):285–95.
35. Travess HC, Williams PH, Sandy JR. The use of osseointegrated implants in orthodontic patients: 2. Absolute anchorage. *Dent Update*. 2004 août;31(6):355–6, 359–60, 362.
36. Trisi P, Rebaudi A. Progressive bone adaptation of titanium implants during and after orthodontic load in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2002 févr;22(1):31–43.
37. Turley PK, Kean C, Schur J, Stefanac J, Gray J, Hennes J, et al. Orthodontic force application to titanium endosseous implants. *Angle Orthod*. 1988 avr;58(2):151–62.
38. Willems G, Carels CE, Naert IE, van Steenberghe D. Interdisciplinary treatment planning for orthodontic-prosthetic implant anchorage in a partially edentulous patient. *Clin Oral Implants Res*. 1999 août;10(4):331–7.
39. Williams P, Travess H, Sandy J. The use of osseointegrated implants in orthodontic patients: I. Implants and their use in children. *Dent Update*. 2004 juin;31(5):287–90.
40. Young KA, Melrose CA, Harrison JE. Skeletal anchorage systems in orthodontics: absolute anchorage. A dream or reality? *J Orthod*. 2007 juin;34(2):101–10.