

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2 - L 335.10



UNIVERSITÉ PARIS CITÉ

FACULTÉ DE SANTÉ

UFR D'ODONTOLOGIE

Année 2024

N° D149

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le :

Par

Ariane GUDIN DE VALLERIN

**Le projet prothétique dans la planification de la chirurgie
orthognathique chez l'édenté de grande envergure**

Dirigée par Mme le Professeur Lisa Friedlander

JURY

Mme le Professeur Claudine Wulfman

Président

Mme le Professeur Lisa Friedlander

Assesseur

M. le Docteur Pascal Garrec

Assesseur

Mme le Docteur Salomé Mascarell

Assesseur

M. le Docteur Mourad Benassarou

Invité



L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse d'exercice comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation, auprès du ou des titulaires des droits. Le droit de citations doit s'exercer avec rigueur et discernement. Certaines citations peuvent comporter un extrait textuel de la source. Cet extrait textuel doit être relativement court (une quinzaine de lignes tout au plus), mis entre guillemets ou clairement séparé du corps du texte et bien évidemment référencé en citation. En ce qui concerne la citation sans extrait textuel (mention d'idées ou concepts originaux, données chiffrées, figures, etc.), il faut également en citer la source. Toute figure, tableau, graphique reproduit doit également être accompagné de la citation de la source. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse d'exercice. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers.

Ariane GUDIN DE VALLERIN

Tableau des enseignants de l'UFR d'Odontologie

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
1. DÉVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PRÉVENTION	ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE	Mme M. MOLLA-AUJAY DE LA DURE Mme É. DURSUN Mme V. SMAIL-FAUGERON Mme S. VITAL	M. P.-J. BERAT (MCU associé) Mme A.-L. BONNET M. F. COURSON Mme M. RIOU Mme A. VANDERZWALM
	ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE	Mme E. LE NORCY	M. G. DOT M. C. DUNGLAS M. P. GARREC Mme A. KAMOUN Mme B. VI-FANE
	PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET ODONTOLOGIE LÉGALE	Mme A. GERMA M. P. PIRNAY	Mme A. TENENBAUM
2. CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE	PARODONTOLOGIE	Mme F. ANAGNOSTOU M. M. BIOSSE DUPLAN Mme M.-L. COLOMBIER Mme M. GOSSET	M. A. BRUN M. D. GUEZ M. S. KERNER
	CHIRURGIE ORALE	M. F. FERRÉ Mme G. LESCAILLE M. L. MAMAN Mme L. RADOÏ M. N. MOREAU	Mme V. BAAROUN M. B. COURRIER Mme A.-L. EJEIL M. F. GAULTIER M. T. NGUYEN Mme J. ROCHEFORT M. L. SICARD Mme I. TAÏHI M. H. TARRAGANO
	BIOLOGIE ORALE	Mme C. BARDET (PU) Mme A. BERDAL Mme C. CHAUSSAIN M. V. DESCROIX M. B. FOURNIER M. B. GOGLY Mme S. SÉGUIER	Mme C. ANDRIQUE (MCU associée) M. C.-D. ARRETO M. J. BOUCHET (MCF) Mme H. CHARDIN M. P. COLLIN Mme M.-H. COTTET Mme A. COUDERT (MCF) Mme M. FLORIMOND (MCU associé) Mme C. GORIN Mme S. HOUARI-MEJRI Mme J. ISAAC (MCF) M. O. LE MAY M. G. LIGNON (MCU associé) M. A. NASSIF Mme N. NOWWAROTE (MCU associé) M. B. PAIVA DOS SANTOS (MCF)
3. RÉHABILITATION ORALE (DÉBUT)	DENTISTERIE RESTAURATRICE ENDODONTIE	M. P. COLON Mme C. GAUCHER	Mme F. BERÈS Mme C. BESNAULT Mme A.-M. COLLIGNON M. F. DECUP Mme A. HARTMANN Mme K. JEDEON M. G. KUHN Mme C. MESGOUÉZ-MENEZ Mme N. PRADELLE PLASSE Mme M. ZANINI

DÉPARTEMENTS	DISCIPLINES	PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS	MAÎTRES DE CONFÉRENCES
3. RÉHABILITATION ORALE (SUITE)	PROTHÈSES	Mme M.-V. BERTERETCHE Mme A. BRAUD Mme L. FRIEDLANDER M. O. FROMENTIN M. C. RIGNON-BRET M. B. TAVERNIER Mme C. WULFMAN	M. J.-M. CHEYLAN Mme H. CITTERIO Mme M.-J. CRENN M. M. DAAS M. D. DOT M. L. DUPAGNE M. N. EID M. S. ESCURE Mme I. FOUILLOUX-PATEY M. V. FOUQUET M. P. GATEAU M. D. MAURICE M. P. MOULIN Mme É. SARFATI M. J.-E. SOFFER M. P. TRAMBA
	FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATÉRIAUX	M. Y. BOUCHER Mme L. JORDAN Mme F. MANGIONE M. J.-F. N'GUYEN M. B. SALMON	M. J.-P. ATTAL M. C. AZEVEDO Mme R. BENBELAÏD Mme A. BENOÎT A LA GUILLAUME (MCF) Mme J. BOSCO M. M. CHERRUAU M. R. FELIZARDO M. P. FRANÇOIS M. A. PORPORATI (MCU associé) Mme F. TILOTTA
PROFESSEURS ÉMÉRITES		M. P. BOUCHARD Mme M.-L. BOY-LEFÈVRE Mme M. FOLLIGUET Mme M. WOLIKOW M. R. GARCIA M. J.-J. LASFARGUES M. A. LAUTROU M. G. LEVY	M. B. PELLAT Mme A. POLIARD M. J.-L. SAFFAR
Liste mise à jour le 16 septembre 2024			

Remerciements

À Mme le Professeur Claudine Wulfman ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris Diderot ; Habilité à Diriger des Recherches ; Professeur des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris Chef de service de l'hôpital Henri Mondor;

Qui me fait l'honneur de faire partie du jury de cette thèse d'exercice en tant que ma présidente. Je vous remercie d'avoir bien voulu prendre part à ce tournant de ma carrière, et j'espère par la suite avoir de nombreuses occasions de travailler avec vous. Veuillez trouver le témoignage de ma profonde gratitude et mon respect.

À Mme le Professeur Lisa Friedlander ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Docteur de l'Université Paris Diderot ; Habilitée à Diriger des Recherches ; Professeur des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris.

Qui me fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse en tant que directrice. Passer mon internat sous votre aile a été une chance inouïe, et je vous suis extrêmement reconnaissante pour la confiance que vous m'avez accordée et vos encouragements à me dépasser toujours plus. J'espère avoir à l'avenir encore beaucoup d'années à apprendre à vos côtés. Veuillez trouver le témoignage de ma profonde gratitude et mon respect.

À M. le Docteur Pascal Garrec ; Docteur en chirurgie dentaire ; Maître de Conférences des Universités, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité ; Praticien Hospitalier, Assistance Publique- Hôpitaux de Paris

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse en tant qu'assesseur. Merci pour vos conseils avisés au cours de mon internat qui m'ont permis de progresser et d'avoir cette vision pluridisciplinaire qui me tient à cœur. Veuillez trouver le témoignage de ma profonde gratitude et mon respect.

***À Mme le Docteur Salomé Mascarell ; Docteur en Chirurgie dentaire ; Chef de Clinique des Universités
- Assistant des Hôpitaux, UFR d'Odontologie - Université Paris Cité***

Qui me fait l'honneur de participer au jury de cette thèse en tant qu'assesseuse. Sans vos conseils avisés cette thèse, comme mes toutes mes autres présentations, n'aurait sans doute jamais vu le jour sous sa forme actuelle. Merci de votre investissement autant pour les externes que les internes, votre aide et votre soutien indéfectible. Veuillez trouver le témoignage de ma profonde gratitude et mon respect.

***À M. le Docteur Mourad Benassarou ; Docteur en Chirurgie maxillo-faciale ; UFR de médecine – ;
Praticien Hospitalier, Assistance Publique- Hôpitaux de Paris***

Qui me fait l'honneur de faire partie du jury de cette thèse en tant que membre invité. Je n'aurai pas pu imaginer un jury pour cette thèse sans un chirurgien maxillo-facial, et je n'aurai pas pu imaginer un autre chirurgien que vous pour être présent à l'aboutissement de ces années d'études. Merci encore pour votre disponibilité et votre bienveillance. Veuillez trouver le témoignage de ma profonde gratitude et mon respect.

Résumé et indexation en français et anglais

Résumé :

Les décalages sagittaux prononcés des bases squelettiques maxillaire et mandibulaire posent des défis majeurs pour les traitements esthétiques et fonctionnels, et notamment chez le patient édenté pour lequel ce décalage est très difficilement compensable par la prothèse dentaire. La chirurgie orthognathique devient alors l'ultime recours pour corriger ces malformations, qu'elles soient congénitales ou acquises. Cependant, le projet chirurgical s'il n'est pas construit de manière concomitante avec un projet prothétique se repose sur des moyennes statistiques et l'expérience du praticien, ce qui peut entraîner une variabilité et des complications. Toute chirurgie doit être réalisée en prenant en compte la réhabilitation prothétique future. Cependant ces projets sont complexes car ils font intervenir deux équipes différentes qui ne maîtrisent pas forcément leurs enjeux mutuels. Devant l'absence de consensus et de méthodologie de traitement pour ces cas cliniques, nous avons réalisé une revue systématique de la littérature regroupant les patients édentés pris en charge de manière chirurgicale et prothétique. Notre revue a intégré 39 articles dont 5 séries de cas et 34 études de cas. Sans pour autant établir la supériorité d'une méthode par rapport à une autre, nous avons pu cependant mettre en exergue des points clefs de ces projets et leurs limites.

Discipline ou spécialité :

Prothèse

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

fMeSH : Ostéotomie de le fort ; Ostéotomie sagittale des branches montantes de la mandibule

Rameau : Édentation totale ; Prothèses dentaires complètes

Forme ou Genre :

fMeSH : Dissertation universitaire

Rameau : Thèses et écrits académiques

Title : The Prosthetic Project in Planning Orthognathic Surgery in Large-Scale Edentulous**Abstract :**

The pronounced sagittal lags of the maxillary and mandibular skeletal bases pose major challenges for aesthetic and functional treatments, especially in edentulous patients for whom this lag is very difficult to compensate by dental prosthesis. Orthognathic surgery becomes the ultimate remedy to correct these malformations, whether congenital or acquired. However, the surgical project if not constructed in a concomitant manner with a prosthetic project relies on statistical averages and experience of the practitioner, which can lead to variability and complications. All surgery must be performed taking into account the future prosthetic rehabilitation; however, these projects are complex because they involve two different teams who do not necessarily master their mutual issues. In the absence of consensus and treatment methodology for these clinical cases, we conducted a systematic review of the literature including patients edentulous treated surgically and prosthetically. Our review included 39 articles, including 5 case series, 33 case studies and a pilot study. Without establishing the superiority of one method over another, we were nevertheless able to highlight key points of these projects and their limitations.

Branch or specialty :

Prosthesis

English keywords (MeSH) : Lefort Osteotomy ; Osteotomy, Sagittal Split Ramus

Publication type (MeSH) : Academic Dissertation

Liste des abréviations

- AI : Amélogénèse imparfaite
- BSSO : bilateral split sagittal ramus osteotomy
- CAD/CAM (Computer Aided Design and Manufacturing) = CAO/FAO (Conception et Fabrication assistée par ordinateur)
- DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine
- DV : Dimension Verticale
- DVO : Dimension verticale d'occlusion
- DVR : Dimension verticale de repos
- ELI : Espace libre d'inocclusion
- PF : Prothèse fixée
- OIM : Occlusion d'Intercuspidie Maximale
- PAC : Prothèse Amovible Complète
- RC : relation centrée
- RMM : Relation Maxillo-Mandibulaire
- STL : Standard Triangle Language
- VADS : Voies Aéro-Digestives Supérieures

Table des matières

INTRODUCTION.....	3
PARTIE A – LA PLANIFICATION PROTHETICO-CHIRURGICALE EN CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE CHEZ L’EDENTE.....	4
1 : DEFINITION DES TERMES ET DES METHODES.....	5
1.1 LA CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE.....	5
1.1.1 La chirurgie orthognathique maxillaire.....	5
1.1.2 La chirurgie orthognathique mandibulaire.....	11
1.1.3 La chirurgie orthognathique en orthodontie.....	13
1.1.4 Le numérique au service de la chirurgie orthognathique.....	14
1.2 LA PLANIFICATION PROTHETIQUE.....	15
1.2.1 La relation maxillo-mandibulaire.....	15
1.2.2 La dimension verticale.....	17
1.2.3 La surface d’occlusion.....	18
1.2.4 CADO.....	20
1.3 LES DEBUTS DE LA CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE ET SA RELATION AVEC LA PROTHESE DENTAIRE.....	21
2 : LA PLANIFICATION D’UN CAS COMPLEXE.....	22
2.1 RECUEIL DES DONNEES.....	22
2.1.1 Anamnèse.....	22
2.1.2 Examens cliniques et complémentaires.....	23
2.2 PLANIFICATION PROTHETIQUE D’UNE REHABILITATION COMPLEXE.....	25
2.2.1 Choix du concept prothétique.....	25
2.2.2 Choix du concept occlusal.....	26
2.2.3 Biomécanique et répartition des forces occlusales.....	27
2.2.4 Le montage des incisives.....	28
2.3 PLANIFICATION CHIRURGICALE EN CHIRURGIE ORTHOGNATHIQUE.....	30
2.3.1 Rappels anatomie maxillo-faciale et éléments nobles.....	31
2.3.2 Analyse céphalométrique.....	34
3 : LA PLANIFICATION PROTHETICO-CHIRURGICALE.....	36
3.1 PROJET PROTHETIQUE.....	36
3.1.1 Un projet fonctionnel.....	36
3.1.2 Un projet esthétique.....	36

3.2 LES DIFFERENTS TYPES DE PLANIFICATION	38
3.2.1 Manuelle.....	38
3.2.2 Numérique.....	41
3.3 POST-OPERATOIRE ET CONTENTION	45
3.3.1 En orthodontie.....	45
3.3.2 En prothèse.....	45
PARTIE B : APPLICATIONS CLINIQUES CHEZ L'EDENTE : REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE	47
1 : MATERIELS ET METHODE.....	47
1.1 OBJECTIFS ET QUESTION DE RECHERCHE.....	47
1.2 CRITERE D'ELIGIBILITE, D'INCLUSION ET D'EXCLUSION	48
1.3 STRATEGIE DE RECHERCHE	48
1.4 SELECTION DES ARTICLES	49
1.5 FORMULAIRE DE COLLECTE DES DONNEES.....	49
1.6 ANALYSE DES DONNEES	50
2 : RESULTATS	52
2.1 DIAGRAMME DE FLUX	52
2.2 CARACTERISTIQUE GENERALE DES ARTICLES SELECTIONNES	54
2.3 SYNTHESE DES DONNEES RECUEILLIES	56
2.4 ANALYSE DU NIVEAU DE PREUVE ET DE LA QUALITE DES ARTICLES	58
3 : DISCUSSION.....	60
3.1 DISCUSSION DES RESULTATS	60
3.2 LIMITES ET PERSPECTIVES.....	62
CONCLUSION.....	63
BIBLIOGRAPHIE	65
TABLE DES FIGURES.....	73
TABLE DES TABLEAUX.....	74
ANNEXES.....	75

Introduction

Les patients présentant un décalage sagittal prononcé des bases squelettiques maxillaire et mandibulaire (classes II et III), ainsi que ceux souffrant d'asymétries frontales, ne peuvent pas être corrigés de manière satisfaisante, tant sur le plan esthétique que fonctionnel, par le complexe alvéolo-dentaire. Une fois que ces dysmorphoses sont installées, elles ne peuvent être rectifiées, ou seulement de manière insuffisante, par l'orthopédie dento-faciale, rendant nécessaire le recours à une chirurgie orthognathique, qui vise à corriger les malformations des mâchoires, qu'elles soient congénitales ou acquises.

Pour les patients souffrant d'un édentement sévère, associé à une perte de dimension verticale et de la relation centrée, la planification prothétique devient un processus essentiel permettant de déterminer les besoins en prothèses avant la chirurgie orthognathique. Ce processus implique de prendre en compte les exigences esthétiques et fonctionnelles du patient, afin de planifier les traitements appropriés pour atteindre les objectifs de traitement fixés.

En l'absence d'un guide prothétique, la chirurgie se base uniquement sur des moyennes statistiques et l'expérience du chirurgien. Ces deux paramètres comportent une certaine imprévisibilité, notamment en raison de la variabilité inter-individuelle propre à chaque patient et praticien. De plus, ces normes statistiques ne prennent pas suffisamment en compte les cas de pathologies rares ou de malformations congénitales.

La planification prothétique peut inclure la création de modèles de simulation et de plans de traitement destinés à orienter la chirurgie orthognathique. Cela permet de réduire les complications et d'améliorer les résultats esthétiques et fonctionnels pour le patient.

En effet, certains échecs chirurgicaux sont observés lors de la réalisation du projet prothétique (porte-à-faux trop important, guidages occlusaux traumatiques nécessitant des compromis esthétiques, défaut de soutien labial, etc.), ce qui peut nécessiter une seconde intervention chirurgicale, lourde pour le patient. La conception d'une prothèse guidant le projet chirurgical permet de limiter ce risque d'échec, d'assurer une meilleure stabilité de la réhabilitation grâce à un calage post-chirurgical optimal, et de réduire les compromis thérapeutiques (1).

La première partie de cette thèse d'exercice consistera en un rappel des connaissances relatives à la chirurgie orthognathique et à la prothèse, ainsi qu'une analyse des différentes méthodologies de planification chirurgicales et prothétiques. La seconde partie sera une revue systématique de la littérature, analysant les données actuelles sur ces cas, afin d'établir une ligne de conduite thérapeutique.

PARTIE A – La planification prothético-chirurgicale en chirurgie orthognathique chez l'édenté

Bien que la chirurgie maxillo-faciale soit une spécialité relativement récente, avec la création en 1953 de la Société Française de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale, la prothèse dentaire possède des origines bien plus anciennes. En effet, les premières prothèses amovibles complètes ont été réalisées dès 1740 par le Dr Pierre Fauchard, médecin et chirurgien. Ainsi, la pratique de la prothèse dentaire précède de loin l'établissement de la chirurgie maxillo-faciale en tant que spécialité médicale distincte.

Toutefois, avec l'introduction en 1892 du diplôme de chirurgien-dentiste, les formations en médecine, et par extension en chirurgie maxillo-faciale, se sont progressivement dissociées de celle de la chirurgie dentaire. Cette séparation entre les deux spécialités limite la capacité d'un seul praticien à avoir une vision globale du traitement pour les patients nécessitant des soins orthodontiques, prothétiques et chirurgicaux. Cette divergence peut parfois entraîner une prise en charge moins optimale et allonger les délais de traitement, en particulier dans un cadre hospitalier.

La chirurgie orthognathique, l'un des quatre piliers de la chirurgie maxillo-faciale aux côtés de la chirurgie traumatologique, de la chirurgie oncologique et de la chirurgie esthétique, a connu un essor important au cours des années 1950-1960, notamment sous l'impulsion du Dr Gustave Ginestet. Cet essor s'est traduit par des progrès notables dans le traitement chirurgical des micrognathies et du prognathisme.

L'objectif de cette thèse sera de synthétiser de manière optimale les perspectives de chaque spécialité et de définir une approche cohérente permettant d'assurer une prise en charge optimale des patients dans des délais raisonnables. Cette recherche se concentrera principalement sur les patients ayant perdu leurs repères dentaires, tels que la dimension verticale et la relation centrée, en s'inspirant des techniques chirurgicales employées dans le cadre des traitements orthodontiques

(2).

1 : Définition des termes et des méthodes

1.1 La chirurgie orthognathique

La chirurgie orthognathique, dérivant des racines grecques *orthos* (signifiant "droit") et *gnathos* (signifiant "mâchoire"), englobe l'ensemble des procédures chirurgicales destinées à rétablir la cohérence anatomique des mâchoires, qu'il s'agisse du maxillaire ou de la mandibule. Cette cohérence vise à atteindre une position fonctionnelle favorisant la normocclusion des arcades dentaires, souvent corrigeant simultanément un défaut esthétique majeur.

Suite au repositionnement des os effectuée lors de l'intervention chirurgicale, une contention est instaurée au moyen de mini-vis et de plaques en titane, généralement maintenues de manière permanente (3). Des ligatures métalliques ou élastomériques inter-arcades sont également mises en place pour la durée nécessaire à la formation d'un cal.

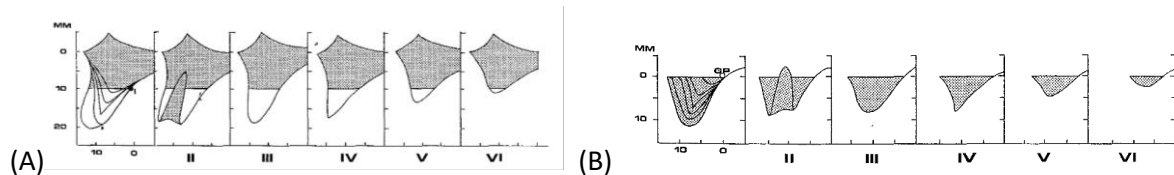
Dans cet objectif, de multiples chirurgies ont été développées sur chacun des maxillaires, depuis la première ostéotomie mandibulaire réalisée en 1849 par le chirurgien Simon P. Hullien (4). Si de rares cas sont présents avant les années 1950, le développement d'un protocole de traitement impliquant une chirurgie orthognathique avec un traitement orthodontique pré-et post-chirurgical pour le traitement des patients présentant un profil squelettique et des anomalies de malocclusion a signé un changement de paradigme dans les années 1970.

1.1.1 La chirurgie orthognathique maxillaire

Parmi les chirurgies orthognathiques réalisables au maxillaire, la plus couramment réalisée dans le cas de patients édentés complets est l'avancée maxillaire par Lefort I selon Buchanan (5), avec ou sans greffe associée. Dans le cadre de ce présent travail, elle sert le plus souvent à compenser une atrophie sévère du maxillaire. Ces atrophies ont été classées en 6 catégories par Cawood et Howel, en 1988 (6), d'un os non résorbé à une résorption maximum. Si la résorption de la partie postérieure du maxillaire complique la prise en charge prothétique, notamment par restauration implantaire car elle présente une perte de hauteur et de la largeur de l'os alvéolaire (figure 1 (B)), c'est dans le but de compenser la résorption antérieure que la chirurgie orthognathique est réalisée chez l'édenté complet (ou dans de rares cas à compenser une insuffisance maxillaire innée ou acquise). En effet, cette résorption centripète (visible sur la figure 1 (A)) de l'arcade maxillaire antérieure provoque un recul de la zone de

montage des dents d'Ackermann, obligeant ainsi à recourir soit à une prothèse en porte-à-faux susceptible de basculer, soit à une inocclusion antérieure résultant de l'insuffisance maxillaire.

Figure 1 : Classification des résorptions maxillaires de Cawood et Howell antérieur (A) et postérieur (B)

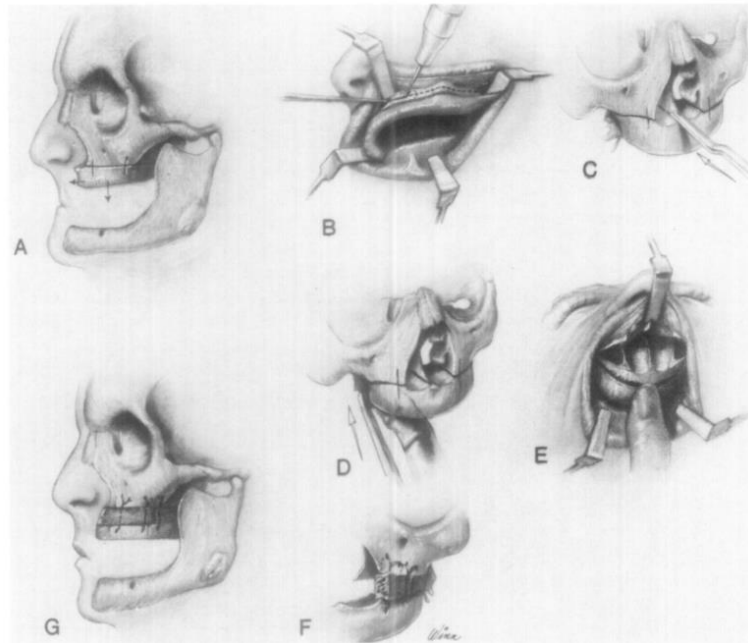


Source : Cawood et Howell, « A classification of the edentulous jaws », 1998.

L'objectif initial de l'ostéotomie de Le Fort I était de créer une morphologie maxillaire qui permettrait de conserver une prothèse suffisamment complète, résolvant les problèmes de mobilité pendant la fonction (Keller et al. 1987) (7). Dans les années suivantes, l'objectif a progressivement changé, avec la création éventuelle d'une morphologie maxillaire qui pourrait permettre la mise en place d'implants dans la position la plus correcte afin d'atteindre la meilleure fonction et esthétique possible des prothèses implantaires (Krekmanov 1995).

L'ostéotomie de Le Fort 1 (nommée selon la classification des fractures du occluso-faciales du Dr René Le Fort) a été proposée pour la première fois par Obwegeser en 1969 pour le traitement chirurgical d'une malocclusion de classe III. Par la suite, Bell et al ont en 1977 (8) décrit une technique chirurgicale pour repositionner le maxillaire d'un patient édenté vers l'avant, permettant ainsi de corriger un décalage sagittal des bases squelettiques et permettre une réhabilitation prothétique. Cette chirurgie pré-prothétique a par la suite été modifiée légèrement par Chiapasco et al, en 2007 (9).

Figure 2 : Séquence opératoire chirurgie Lefort1



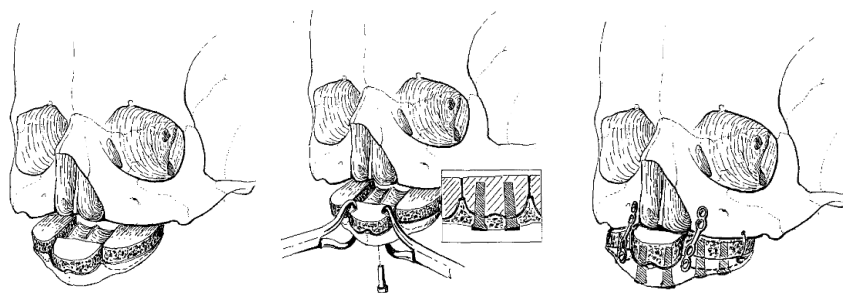
Source : Bell et al, « Surgical correction of the atrophic alveolar ridge. A preliminary report on a new concept of treatment », 1977.

Le protocole décrit par Bell et al (8) est le suivant : Sous anesthésie générale, (B) une première incision horizontale est réalisée à travers le muco-périoste dans le vestibule maxillaire au-dessus de la ligne de réflexion muco-gingivale, de la deuxième région molaire sur les deux secteurs. Une ostéotomie horizontale du maxillaire latéral, immédiatement au-dessus du plancher nasal est réalisée suivant le même tracé. (C) Une séparation du septum nasal de la partie supérieure du maxillaire, avec ostéotomie parallèle au palais dur ; incision osseuse à travers les parois latérales et médiales du sinus maxillaire. (D) On réalise la séparation du maxillaire de la plaque de ptérygoïde. Le doigt du chirurgien est placé sur la muqueuse palatine pour protéger le pédicule vasculaire lors de la fracture du bloc maxillaire. (E) Le maxillaire en position fracturée est mobilisé vers le bas ; le muco-périoste a été détaché et rétracté loin de la surface supérieure du maxillaire et de la plaque horizontale de l'os palatin. Il est maintenant repositionnable dans la position idéale selon le chirurgien. (F) Des blocs en forme d'haltère d'os cortico-spongieux souvent autogène (os iliaque) incrustés entre le maxillaire et les incisions osseuses horizontales sus-jacentes sont placés à l'aide de fils. Enfin, (G), le maxillaire édenté est fixé aux bords piriformes et contreforts zygomatiques avec des fils trans-osseux avec un changement de position des lignes de référence verticales dans le maxillaire latéral après un mouvement inférieur et antérieur.

Lors de la modification par Chiapasco (9) les deux dernières étapes ont été interchangées. En effet, les plaques d'ostéosynthèse avec les mini-vis permettent de réaliser d'abord la fixation du maxillaire dans la position désirée, suivi d'un comblement osseux avec de l'os autogène souvent associé à des granules d'os allogène.

Une autre modification de la séquence de Bell a été effectuée en 1988 par Sailer (10) qui a couplé le repositionnement du maxillaire par Le Fort 1 à une greffe osseuse et pose simultanée d'implants. Il argumente que cette opération permet de diminuer les délais de traitement (évite les 10 à 12 mois de cicatrisation après l'élévation sinusale combinée avec un matériau de greffe hétéroplastique (Misch, 1987)), ou les 4 à 6 mois de cicatrisation que respectaient Jensen et Simonsen (11). Cependant, en raison de l'absence de planification d'un projet prothétique associé, le maxillaire était avancé et roté vers le bas en fonction de la hauteur estimée par le chirurgien du processus alvéolaire. Ce système pouvant suffire pour des overdentures (coiffes télescopiques, locators ou barre-contrebarre), il comportait des imprécisions trop importantes pour promettre la réalisation d'un bridge supra-implantaire conventionnel ou d'un bridge de Branemark de manière prédictible. Aucune prothèse pré-opératoire n'est par ailleurs évoquée, et le seul critère de succès implantaire décrit est l'absence de perte des implants mesurant de 18 à 20mm de long et qui servent en majeure partie à stabiliser la greffe osseuse.

Figure 3 : implantation per-opératoire selon Sailer

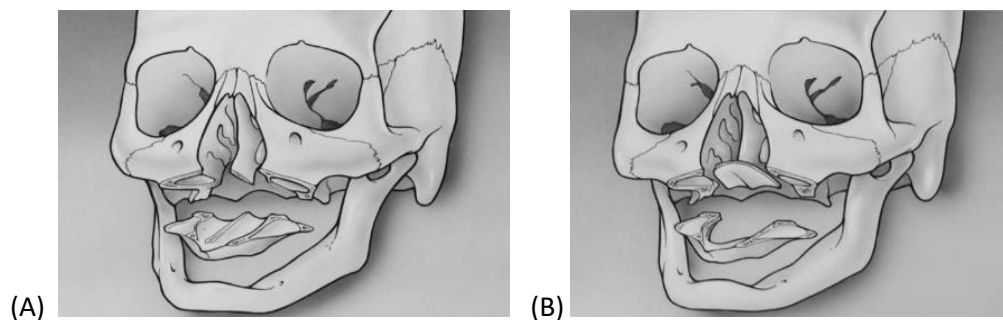


Source : Sailer, « A new method of inserting endosseous implants in totally atrophic maxillae », 1989.

Si on ne prend pas en compte la pose d'implant per-opératoire, en ce qui concerne l'augmentation pure de la hauteur pré-implantaire, la technique du Lefort + greffe présente moins de risque de résorption que l'élévation de sinus associée à une greffe d'os spongieux décrite par Jensen et Simonsen, 1988. De plus, les patients présentant des maxillaires totalement atrophiques associés à

une relation intermaxillaire de classe squelettique III ne pouvaient être traités auparavant qu'avec des techniques d'onlay (Breine et Branemark, 1980 ; Keller et al., 1987), et le taux élevé de résorption des greffons osseux en onlay sur le maxillaire est bien connu contrairement aux sinus lifts. Par conséquent, les chirurgies type « sandwich » sont de plus en plus utilisées (Bell et al., 1977 ; Obwegeser et Farmand, 1984; Farmand, 1986). Une variante similaire à l'ostéotomie sandwich maxillaire pour la réhabilitation du maxillaire sévèrement atrophié mais utilisé moins fréquemment est l'ostéotomie en fer à cheval ou horseshoe osteotomy qui permet d'augmenter la hauteur osseuse pré-implantaire sans mobiliser le palais. La crête alvéolaire y est ostéotomisée sans le palais dur, qui reste pédiculé sur le septum nasal et vomer. La crête en forme de fer à cheval est alors déplacée vers le bas et vers l'avant. Cette technique est indiquée dans les cas avec voûte palatine plate car le palais dur n'est pas déplacé et seule la crête alvéolaire est déplacée dans un endroit favorable, ce qui entraîne une voûte palatine bien formée qui aide à éviter les troubles de la parole et permet le bon placement de la langue (12). Elle présente selon Yerit et al (13) une bonne fiabilité avec des résultats à 10 ans, et également un intérêt dans les cas où les patients ne seraient pas réhabilités de manière implantaire car permettent de recréer des crêtes alvéolaires compatibles avec la réalisation d'une PAC plus favorable à la triade de Housset.

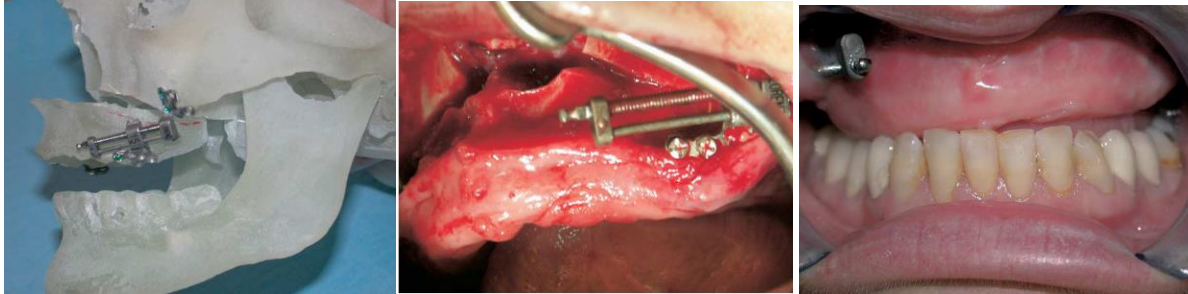
Figure 4 : Ostéotomie Lefort1 classique (A) comparée à une ostéotomie en fer à cheval (B) (13)



Source : Yerit et al, « Rehabilitation of the severely atrophied maxilla by horseshoe Le Fort I osteotomy (HLFO) », 2004.

Dans certains cas, l'avancée maxillaire n'est pas réalisée directement par l'ostéotomie de Lefort, mais peut également être réalisée par une distraction antéro-postérieure (sagittale) des maxillaires, comme suggéré par Jensen et al (11) en 2004, Malik et al (14) en 2011 ou encore Apaydin (15) en 2014, à raison d'une distraction d'1mm par jour.

Figure 5 : Distracteur sagittal maxillaire



Source : Jensen, Leopardi et Gallegos, « The case for bone graft reconstruction including sinus grafting and distraction osteogenesis for the atrophic edentulous maxilla », 2004.

Dans le cadre d'une insuffisance transversale maxillaire importante, qu'une courbe de Monson exagérée ne permettrait pas de compenser et qui contraindrait à réaliser un montage de dents postérieur hors des aires de Pound, une expansion transversale est également envisageable.

Enfin, dans des cas plus rares relevant de syndromes lourds, une ostéotomie de Lefort II (16) ou de Lefort III (17) est envisageable pour la prise en charge des cas les plus complexes (18).

En ce qui concerne les limites et la quantité de mouvement maximum que l'on peut réaliser avec les chirurgies citées précédemment, Siadat et al (19) ont déclaré que lorsque le décalage maxillo-mandibulaire est supérieure à 12mm, une chirurgie maxillo-mandibulaire est nécessaire. Par ailleurs, Kahnberg et al (20) rejoignent ce constat en mentionnant que le repositionnement maximal vers l'avant du maxillaire est d'environ 10 mm. En ce qui concerne le maximum de déplacement de hauteur verticale, aucun document ne précise une vraie limite. Cependant, dans les articles étudiés on constate souvent un abaissement antérieur de moins de 5mm (19,21,22), qui associé à l'avancée correspond plutôt à une rotation. En effet, étant donné que le protocole opératoire implique une fracture du maxillaire, il est impératif de respecter les paquets vasculo-nerveux postérieurs pour prévenir une complication majeure potentielle associée à la chirurgie de Le Fort : l'ischémie du bloc repositionné, suivie de sa nécrose post-opératoire.

Une autre des complications éventuelles en per-opératoire, est la fracture du palais lors d'une intervention sur un maxillaire très résorbé lors de la phase de séparation du bloc maxillaire au reste du crane, mais n'empêche pas la fin de la chirurgie selon Chiapasco (9).

De manière plus sectorielle, l'ostéotomie segmentaire de Schuchardt autorise la mobilisation bilatérale des secteurs prémolo-molaires, visant principalement à corriger les béances antérieures par une ingression des secteurs postérieurs, éventuellement associée à des mouvements de version coronolinguale ou vestibulaire. Elle est de moins en moins pratiquée en raison du risque d'ischémie du secteur mobilisé.

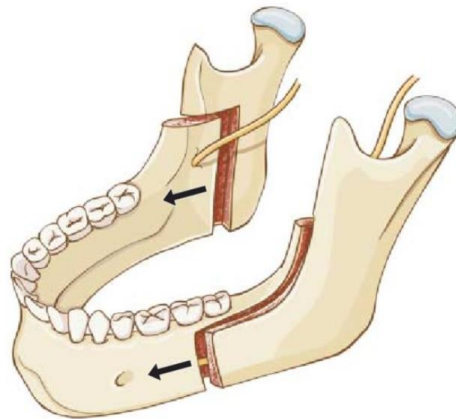
1.1.2 La chirurgie orthognathique mandibulaire

En ce qui concerne la chirurgie orthognathique mandibulaire, moins fréquente, les choix sont plus variés. Si le recul maxillaire n'est pas évoqué dans la littérature car un excès maxillaire pur nécessitant une chirurgie est très rare ; à la mandibule les indications de recul (classe III squelettique avec un excès mandibulaire important) ou d'avancée mandibulaire (notamment un fort SAHOS) sont variées.

L'intervention la plus pratiquée à la mandibule est l'ostéotomie sagittale d'Epker (23). Initialement décrite par Dalpont et Obwegeser en 1969, elle a par la suite été modifiée par Epker, qui a proposé un trait de corticotomie interne du ramus mandibulaire plus bas que ses prédécesseurs, en regard de l'épine de Spix au point de pénétration du nerf mandibulaire. Cette modification ayant pour but de respecter au mieux le trajet du nerf alvéolaire inférieur, même si persiste un risque de lésion du pédicule mandibulaire avec anesthésie de l'hémi-lèvre inférieure séquellaire. Cette chirurgie permet de séparer l'os cortical comprenant l'arcade dentaire de l'os basal du corps mandibulaire au niveau des deux ramus. La séquence chirurgicale comprend une voie d'abord au niveau du trigone rétromolaire en vestibulaire, suivi d'un trait de section osseuse en baïonnette. On obtient alors deux éléments : d'une part le condyle solidarisé à la corticale externe du ramus, l'angle mandibulaire et la partie postérieure du corps mandibulaire, et d'autre part l'os alvéolaire ainsi que la corticale mandibulaire interne du ramus. Cette intervention permet de mobiliser la portion dentaire mandibulaire qui peut ainsi être avancée, reculée, abaissée ou recentrée, afin de traiter les anomalies sagittales ainsi que les asymétries modérées (24). Dans le cas où un recul mandibulaire est effectué, l'os sectionné au niveau basal peut être utilisé comme greffon osseux dans le cas d'une chirurgie concomitante (comme décrit par Furuya et al (25) en 2018). Cette chirurgie est également couramment appelée BSSO (Bilatéral Sagittal Split Osteotomy).

De plus, à l'instar de la chirurgie de Lefort 1 elle peut également être réalisée non pas en un temps opératoire mais à l'aide d'une distraction ostéogénique (26). Cette technique est cependant moins utilisée bien qu'il n'existe aucune différence postopératoire dans la stabilité de l'avancement mandibulaire (27), car elle est plus contraignante pour le patient.

Figure 6 : Sagittal split ramus ostéotomie



Source : Saman, Abramowitz et Buchbinder, « Mandibular osteotomies and distraction osteogenesis evolution and current advances », 2013.

L'ostéotomie segmentaire de Köle est la description en 1959 par Köle de la chirurgie effectuée par Hulien en 1849. Elle permet la mobilisation du secteur incisivo-canin mandibulaire avec deux mouvements possibles : ingression du secteur incisivo-canin, ou recul du secteur incisivo-canin. Cette chirurgie est peu utilisée en chirurgie chez l'édenté complet.

L'ostéotomie segmentaire de Wassmund offre également la possibilité d'effectuer un recul incisivo-canin avec des modifications corono-linguales ou vestibulaires associées. Ces deux interventions comportent parmi leurs complications potentielles l'anesthésie du secteur incisivo-canin.

Souvent utilisée de manière concomitante avec les autres chirurgies mandibulaires, la génioplastie ou mentoplastie permet la correction des anomalies de forme ou de position du menton par la mobilisation de la partie inférieure de la symphyse mandibulaire dans les trois sens de l'espace. On passe par un décollement directement en sous-périosté afin de repérer et protéger les nerfs mentonniers, sa lésion causant une anesthésie de l'hémi-lèvre inférieure (une hypoesthésie est fréquente en post-opératoire due à la traction des nerfs en per-opératoire). Une version étendue au bord basilaire a été décrite par Albino Triaca (28). Appelée « Chin Wing » cette intervention permet la prise en charge de grosses anomalies morphologiques mandibulaires et symphysaires, sans intervenir sur l'occlusion dentaire. Par ailleurs, différents types d'ostéotomie non interruptrices existent pour remodeler la face externe des angles mandibulaires et le rebord basilaire.

Enfin, dans le cas d'une insuffisance mandibulaire transversale (innée la plupart du temps), une distraction mandibulaire est également possible afin d'aligner les crêtes dentaires dans le sens transversal et permettre le montage des dents dans les aires de Pound.

1.1.3 La chirurgie orthognathique en orthodontie

Les étiologies principales des prises en charge en chirurgie orthognathique sont les limites d'un traitement orthodontique associé à une thérapeutique orthopédique :

- les grands syndromes
- les décalages squelettiques sagittaux, verticaux et transversaux en fin de croissance
- les fortes compensations dento-alvéolaires
- les grandes perturbations esthétiques
- les patients présentant une croissance défavorable (récidive fréquente notamment dans les cas de classe III, même interceptés précocement)
- les anomalies structurales

Les grands syndromes en particulier associent des problèmes dentaires à des désordres dans les trois sens de l'espace, conséquence de troubles de croissance d'origine génétique (syndrome de Crouzon, syndrome de Pierre Robin).

Par ailleurs, l'âge du traitement chirurgical dépend du type de défaut. En effet, s'il est préférable d'attendre la fin de la croissance pour le traitement des dysmorphies par excès, il est possible d'intervenir plus tôt (vers la puberté) pour le traitement des dysmorphies par défaut. (3)

Lors d'un traitement orthodontique conventionnel, après avoir réalisé une préparation orthodontique des arcades, une nouvelle position des bases osseuses est planifiée, la plupart du temps grâce à des modèles coulées ou usinés. Il est donc possible de chiffrer précisément les mouvements désirés, afin de réaliser des gouttières d'intercuspidation, qui serviront de guide chirurgical de repositionnement maxillaire pendant l'intervention. Ces gouttières en résine, historiquement fabriquées sur modèle en plâtre, peuvent également être confectionnées d'une façon assistée par ordinateur. Si possible, elles seront essayées en bouche avant la chirurgie.

En cas d'ostéotomie maxillomandibulaire, il est préférable d'utiliser un articulateur anatomique semi-adaptable avec transfert par arc facial. Le plan choisi en orthodontie pour le transfert de l'arc facial est le plan de Francfort, il faut également veiller au respect du plan de symétrie médio faciale. L'enregistrement de l'occlusion en relation centrée sur cire doit être réalisé sur un sujet allongé et décontracté. Cet enregistrement doit être vérifié à plusieurs reprises '.

Grâce aux modèles montés ainsi, on pourra réaliser une gouttière « intermédiaire » qui servira à repositionner le maxillaire ostéotomisé sur la mandibule non opérée, ou l'inverse en fonction de la séquence chirurgicale choisie par l'opérateur. Cette gouttière sera renforcée en cas de chirurgie segmentaire. Elle aura de préférence une couleur différente de la gouttière terminale (3).

1.1.4 Le numérique au service de la chirurgie orthognathique

Si les nombreux rôles joués par l'articulateur dans la simulation des mouvements mandibulaires, l'analyse des relations occlusales et la planification des traitements prothétiques sont connus ; l'essor des nouvelles technologies avec la planification numérique nous permettent de pouvoir réaliser la planification chirurgicale et les gouttières de manière entièrement numérique. (18)

Cette simulation numérique présente l'avantage notable de permettre une prévision complète des mouvements de la face, contrairement aux repositionnements sur articulateurs qui ne fournissaient qu'une estimation limitée du repositionnement final des tissus mous. De plus, elle offre la possibilité de comparer systématiquement le projet chirurgical à des repères cruciaux tels que le plan de Francfort. Par ailleurs, la planification numérique permet de comparer les céphalométries 3D ou 2D du patient en pré-opératoire avec celles issues de la simulation.

En outre la possibilité offerte par le flux numérique d'élaborer les gouttières de repositionnement chirurgical, il permet également la conception de guides de découpe osseuse et de forage. Ces guides permettent au chirurgien d'exécuter l'intervention chirurgicale de manière très fidèle à la planification préalable. Depuis 2015, selon les indications de Benoit Philippe, il est également envisageable de fabriquer des plaques d'ostéosynthèse personnalisées au moyen de cette approche numérique (18). Ces guides personnalisés fabriqués par CAO/FAO ont permis de sécuriser et de fiabiliser ces interventions (2020; Cornelius et al., 2015; Stokbro et al., 2014; Lin et al., 2018; Busato et al., 2017; Tarsitano et al., 2016; Jeon, 2019). (29)

De nombreux guides personnalisés ont été conçus par CAO avant d'être imprimés en 3D (Hirsch et al., 2009; Mazzoni et al., 2013). Ils ont permis d'avoir une satisfaction des patients, de bons résultats esthétiques et ainsi qu'une fonction optimale. (Bell, 2018; Elnagar et al., 2014; Lin et al., 2018). (29)

Enfin, si les chirurgies guidées ont prouvé leur efficacité, elles restent encombrantes et nécessitent un décollement des tissus mous plus important que la chirurgie non guidée. Le protocole permettant le meilleur compromis entre les deux serait donc la chirurgie naviguée (30), qui est en cours de développement.

1.2 La planification prothétique

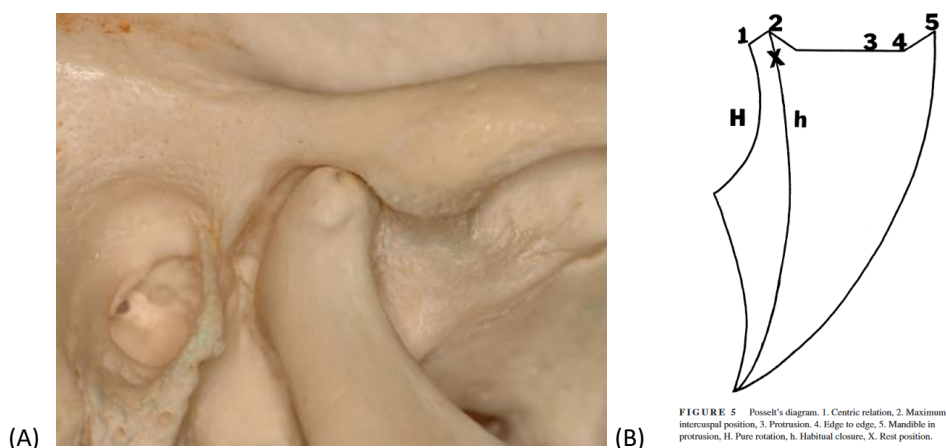
Lors de la réalisation d'une prothèse, qu'elle soit fixe ou supra-implantaire, l'enregistrement de valeurs aussi bien fonctionnelles (plan d'occlusion, dimension verticale, relation centrée) qu'esthétiques (milieux inter-incisifs, profil labial, corridors buccaux) est primordial avant chaque traitement. Il sera nécessaire de monter les modèles d'étude sur articulateur, et, en fonction des piliers supports et de leurs natures (dents, implants) il faudra adapter la fonction occlusale. Savoir enregistrer les différents rapports de la relation maxillo-mandibulaire, ainsi que de les comparer aux normes est une étape indispensable avant chaque prise en charge.

Plus le nombre de dents à remplacer sera élevé et le décalage des bases sera important, plus il sera important d'avoir un projet prothétique fiable afin d'éviter des compromis prothétiques post-opératoires et de permettre par la suite une réhabilitation fiable à long terme. Le chirurgien-dentiste réalisant la prothèse doit donc être au cœur de la planification chirurgicale, qu'elle soit pré-prothétique, per-prothétique ou post-prothétique.

1.2.1 La relation maxillo-mandibulaire

Le terme relation centrée (RC), qui décrit la relation entre le condyle mandibulaire et la fosse articulaire, a subi des changements importants au cours des dernières décennies. De la première à la quatrième édition du Glossary of Prosthodontic Terms (GPT), on considérait que la relation centrée était la position la plus postérieure du condyle dans la fosse glénoïde, et de la cinquième version à la neuvième et dernière (31), sortie en 2017 la relation centrée a été définie comme une position antérosupérieure. Cette relation maxillomandibulaire reproductible est utilisée dans divers domaines de la l'odontologie, y compris les réhabilitations prothétiques étendues, les troubles temporomandibulaires (TMD) et les traitements orthodontiques (32).

Figure 7 : (A) condyle en relation centrée dans la fosse glénoïde , (B) diagramme de Posselt



Source : Goldstein, « Centric relation : a needed reference position », 2022.

Le critère clinique le plus important lors de l'enregistrement de la relation centrée est son caractère reproductible. Afin d'identifier cette reproductibilité, on se base sur le mouvement de rotation pure que représente l'enregistrement de la relation centrée, c'est par ailleurs ce critère qui a été reconnu par le collège national d'occlusodontie en 2016. La RC y a alors été définie par la reproductibilité de l'obtention du mouvement axial terminal (MAT) caractérisée par une rotation « pure » dans un mouvement abaissement-élévation (environ 15mm d'amplitude au niveau incisif). Cette rotation correspondant à la courbe la plus à gauche (H) sur le diagramme de Posselt.

Lors des cas cliniques qui vont nous intéresser dans le cadre de cette thèse, nous allons exclusivement utiliser la relation centrée comme enregistrement de la position sagittale et antéro-postérieure de la mandibule par rapport au maxillaire pour deux raisons :

- les cas que nous allons étudier n'ont soit plus d'OIM, soit une OIM pathologique du fait de leur édentement de grande envergure

- elle est plus fiable sur sa reproductibilité au bloc opératoire que l'OIM lors de la chirurgie orthognathique selon Borba et al (33), même si elle présente, selon une étude de Boucher et Jacoby de 1961 une position 2mm plus postérieure de la mandibule au bloc par rapport à la RC prise en vigile (34). Ce décalage se traduit en post-opératoire par une avancée maxillaire moins importante que prévu selon l'étude de Sharifi et al (35), induisant un recul mandibulaire post-opératoire.

Pour rappel, cette position doit être enregistré selon les recommandations du comité national d'occlusodontie (36), c'est-à-dire avec une position du patient avec la tête dans le prolongement du corps, légèrement incliné à 30-40°, tête stabilisée sur la têtère (le non-respect de cette position lors du bloc causant selon certains auteurs une auto-rotation de la mandibule (37)). En cas de situation inflammatoire des ATM, il faudra un reconditionnement préalable par explications, entraînement,

physiothérapie, butée occlusale antérieure ou gouttière. Cependant, cet enregistrement reste praticien dépendant.

1.2.2 La dimension verticale

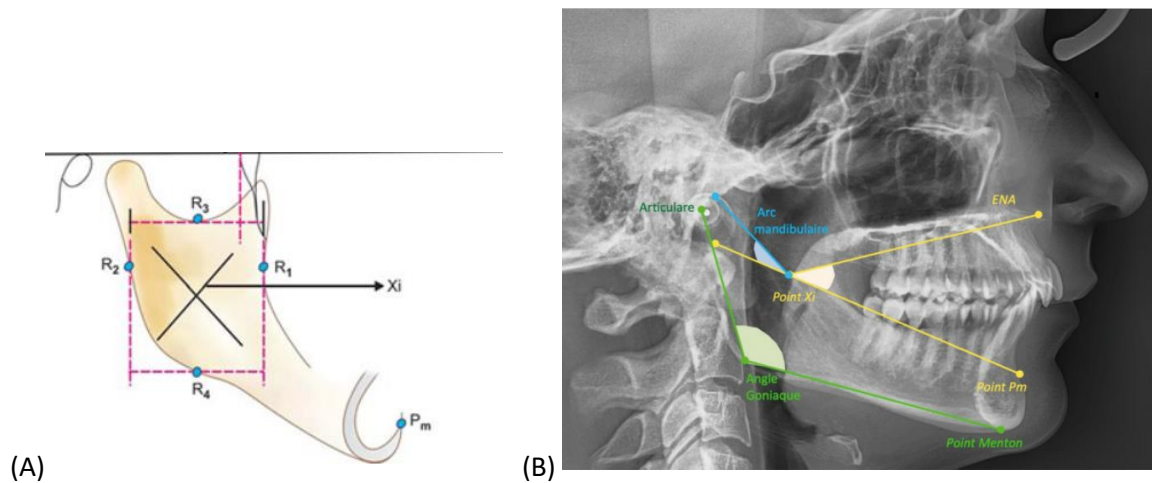
Si la relation centrée consiste en l'enregistrement de la position sagittale et transversale de la mandibule, la dimension verticale (DV) , elle, représente sa composante verticale.

Plusieurs moyens ont été décrits pour son enregistrement, qu'ils soient esthétiques (l'occlusion labiale au repos), fonctionnels (enregistrement à la déglutition) ou empiriques ($DVO = DVR - ELI$) et sont utilisés quotidiennement par les chirurgiens-dentistes. Cependant, un des moyens d'évaluer la DVO qui semble pertinent dans cette thèse est la méconnue céphalométrie prothétique, qui a ses débuts dans les années 40 avec en 1944 l'établissement du rapport de Wylie (38). La DVO céphalométrique est mesurée par l'angle de la hauteur faciale inférieure entre ENA (épine nasale antérieure), Xi (point de Ricketts qui correspond au centre géométrique de la branche montante de la mandibule, figure 8(A)) et Pm (Supragonion).

Par la suite Slavicek obtient en 2010, sur 1900 sujets adultes, une moyenne de $43,6^\circ \pm 5,7$ (39). Cette moyenne est proche de celle qu'avait trouvé Orthlieb dans les années 2000 avec une valeur moyenne de $43,4^\circ$ avec un écart-type de 5,7 mais surtout cette étude précisait les valeurs moyennes pour chaque catégorie et sous-catégorie squelettique, par exemple $40,9^\circ$ pour les hypodivergents et $46,6^\circ$ pour les hyperdivergents (40).

Une autre approche, plus simple, réside dans l'utilisation d'une table permettant d'obtenir une estimation de l'angle ENA-Xi-pm à partir de la valeur de l'arc mandibulaire et de l'angle goniale (mesurés sur la téléradiographie du sujet). On moyennera les deux valeurs proposées. Cette approche aura cependant un niveau de précision de 3mm environ au niveau incisif (41).

Figure 8 : (A) Construction du Point Xi, (B) DVO céphalométrique



Source : Orthlieb et Ré, « La Dimension Verticale d'Occlusion en 2023 : cadre décisionnel », 2023.

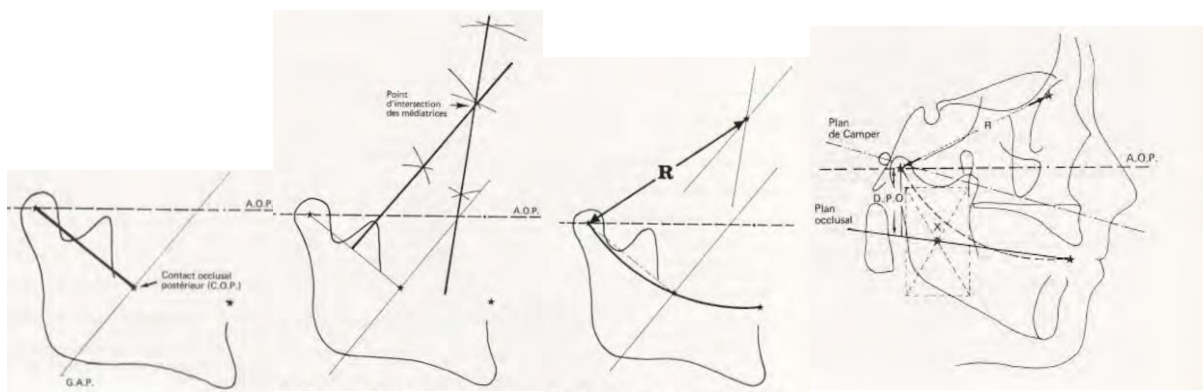
1.2.3 La surface d'occlusion

On parle souvent abusivement de plan de Camper pour désigner la ligne de Camper, aussi appelée Ala-Tragus (ATL) qui réunit le tragus et le bord inférieur de l'aile du nez. Le plan de Camper est le plan d'orientation horizontal cranio-facial passant par les tragions et le point sous-nasal (Collège national d'occlusodontologie 2001). Si Gysi (1910) considère que le plan de Camper est parallèle au plan d'occlusion, il y a selon Slavicek (1983) un angle de 8° de divergence entre les deux (42). Sur crâne sec, ce plan passe par l'épine nasale antérieure et par le centre de chaque méat acoustique externe (Academy of prosthodontics 2005). Ce plan est considéré comme la référence en prothèse complète, et est enregistré à l'aide du bourrelet d'occlusion et au plan de Fox.

Cependant, il faut garder en tête pour le montage des dents que l'engrènement des dents ne suit pas une ligne droite mais une courbe, évoquée pour la première fois par Ferdinand Graf von Spee (1855-1937) qui a décrit un arc de cercle de 104mm de rayon, joignant le bord antérieur du condyle mandibulaire, la surface occlusale de la seconde molaire et le bord incisif des incisives mandibulaires. Le centre de ce cercle étant au niveau de l'orbite, postérieurement à la crête lacrymale postérieure. La courbe de Spee est donc une courbe sagittale à concavité supérieure, issue du sommet de la cuspide de la canine mandibulaire et qui suit la ligne des pointes cuspidiennes vestibulaires des prémolaires et molaires mandibulaires (Collège national d'occlusodontologie 2001).

La bonne répartition du montage de dents chez l'édenté complet en calculant la courbe de Spee a été étudiée dans les années 1980 (43) avec un montage incisif et points de référence postérieurs marqués par des billes de plomb. Une téléradiographie de profil était alors réalisée en relation centrée. Par la suite, une construction céphalométrique en utilisant le point Xi de Ricketts était réalisée afin de déterminer le plan d'occlusion. La mesure de l'axe charnière du plan occlusal de Ricketts (DPO) a été mesurée, et le rayon de la courbe de Spee calculé selon la formule suivante : $R = (-1,4 \times DPO) + 134$ (en mm)

Figure 9 : construction de la courbe de Spee céphalométrique



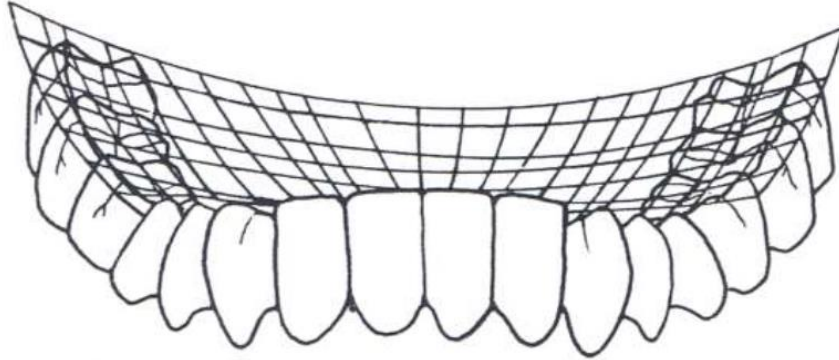
Source : Orthlieb, « La courbe de Spee, un impératif physiologique et prothétique », 1983.

Enfin, si l'occlusion s'inscrit dans un mouvement cylindrique dans son sens sagittal, c'est également le cas dans le sens transversal avec d'abord la description d'une courbe à concavité supérieure par Georges H. Wilson en 1911, puis avec la description en 1920 par Monson (43), d'une sphère d'occlusion pour laquelle chaque cuspide et chaque bord incisif mandibulaire était en contact au sein d'une sphère ; dont le centre se trouvait être équidistant aux articulations et représentait le point de convergence des grands axes des dents. Son rayon théorique de 104 mm comme celui décrit par Spee est encore considéré comme d'actualité par certains auteurs. Cependant, pour Orthlieb et al (44) chez le caucasien ce rayon est en moyenne de 85mm avec un écart type de 20 mm, qui varie avec la typologie squelettique et dépend de la position des arcades par rapport aux condyles, remettant ainsi en question la validité d'un rayon standard pour tous les patients en restauration étendue.

En somme, ce plan d'occlusion est une portion de la surface d'une sphère (sphère de Monson (43)), comprenant la courbe de Spee et la courbe de Monson. Cette surface hélicoïdale a été décrite par

Ackermann en 1930 dans l'ouvrage « denture et dentiers complets », et justifie de nos jours le montage de dents numérique (44).

Figure 10 : Surface matérialisé par les courbes de Spee, Wilson et des bords incisifs



Source : Mailliet, « Conception du plan d'occlusion mandibulaire en odontologie prothétique et communication des données au laboratoire », 2016.

1.2.4 CADO

Ces valeurs sagittales, que ce soit la courbe de Spee, le plan d'occlusion, la dimension verticale mais également la pente incisive et la pente condylienne ont été compilées par Jean-Daniel Orthlieb dans un logiciel de céphalométrie prothétique ou occluso-céphalométrie appelé CADO (Concept d'Aide au Diagnostic Occlusal). Cependant, comme nous le verrons par la suite pour les analyses céphalométriques, un biais ethnique est présent dans ce logiciel élaboré grâce à une banque de donnée de 500 patients autrichiens.

1.3 Les débuts de la chirurgie orthognathique et sa relation avec la prothèse dentaire

Le plus souvent utilisé au cours d'une prise en charge orthodontique afin de repositionner les maxillaires, suivie d'un nivellement orthodontique post chirurgical (3), la chirurgie orthognathique s'est rapidement étendue aux cas présentant de moins en moins de dents, jusqu'à concerner l'édenté complet.

Dans les premières indications, il y avait notamment la prise en charge de l'apnée-hypopnée du sommeil par avancée mandibulaire sur patient rétrognathe avec une classe II due à une insuffisance mandibulaire comme décrit par Alvarez en 1987 (45).

Ce cas présente une prothèse amovible complète pré-opératoire qui a été modifiée afin de permettre des fixations inter-maxillaires per-opératoires, ainsi que le repositionnement en classe I squelettique. Une autre des indications était la prise en charge esthétique et fonctionnelle d'une résorption majeure du maxillaire avec un profil tendance classe III et un niveau osseux insuffisant pour poser des implants sans greffe comme les cas traités par Sailer (10).

2 : La planification d'un cas complexe

Qu'il s'agisse d'une approche dentaire ou chirurgicale, il est essentiel de procéder à une anamnèse approfondie ainsi qu'à un examen clinique détaillé. Ces informations permettront de distinguer deux grandes catégories de patients : d'une part, ceux qui ne présentent aucune pathologie, mais qui manifestent un décalage des bases osseuses dû à un défaut de croissance (parfois lié à une composante génétique), associé à des dysfonctions ou para-fonctions durant la croissance dento-alvéolaire, telles que la respiration nasale ou les verrous canins ; d'autre part, ceux souffrant de maladies rares associées à une dysmorphose cranio-faciale, comme le syndrome de Crouzon ou le syndrome de Pierre Robin, ainsi que les cas plus fréquents de fentes palatines ou labio-palatines.

Bien que ces cas n'aient pas la même étiologie, la fonction influençant la morphogenèse et vice versa, tous les cas ortho-chirurgicaux-prothétiques étudiés résultent de ce que les orthodontistes appellent la « spirale vicieuse dysmorpho-fonctionnelle ».

2.1 Recueil des données

2.1.1 Anamnèse

Première partie du dossier médical, l'anamnèse renferme les éléments essentiels à la future prise en charge du patient. Elle regroupe :

- le motif de consultation qui est étroitement lié à la motivation et la compliance du patient dans le cadre des plans de traitement pluridisciplinaires lourds échelonnés

- l'étiologie congénitale (fente, dysplasie, syndrome émail-rein, amélogénèse, dentinogénèse, oligodontie...), acquise (carences alimentaires, vitaminique, mauvaise HBD, dysfonction respiratoire ou linguale...) ou encore iatrogène des défauts dentaires et/ou squelettiques

- les contre-indications absolues ou relatives à une partie ou la totalité des étapes du traitement idéal proposé au patient (par exemple dans le cas de Binger et al (46), où l'ostéogenèse imparfaite du patient a contre-indiqué un déplacement brut du maxillaire selon les praticiens qui ont préféré effectuer une distraction)

À la suite de cette consultation, on pourra prendre la décision d'adresser le patient à un ORL spécialiste du sommeil, généticien, médecin de rééducation fonctionnelle etc ... afin de compléter le recueil de données, et pouvoir ainsi proposer le meilleur plan de traitement possible au patient. En effet, la

pluridisciplinarité est le principe fondamental dans la prise en charge des dysmorphies maxillo-mandibulaires (3).

2.1.2 Examens cliniques et complémentaires

L'examen clinique comprend deux grandes parties, l'examen exobuccal et l'examen endobuccal. Ces examens per-opératoires ont été largement décrits par Canal et Goudot (3) dans leur ouvrage sur les dysmorphies maxillo-faciales, ainsi nous ne nous attarderont pas dessus et gardons en tête qu'il y a : l'examen de face, de profil, des arcades séparément et en occlusion. Ces examens sont valables autant pour l'orthodontiste, le chirurgien-dentiste ou le chirurgien maxillo-facial ; à la différence que dans les cas d'édentement de grande envergure il semble pertinent de réaliser ces examens comme les complémentaires dans la position de relation centrée décrite dans la partie 1.2.1 ; à l'aide soit de maquettes d'occlusion comme Campbell et al (47), soit d'un silicone et enregistrée par le praticien à la bonne DV comme Benoit Philippe (18).

A ces examens cliniques s'ajoutent les examens complémentaires. Jensen et al déclarent en effet que lors de la planification d'une chirurgie orthognathique, l'analyse céphalométrique est un outil indispensable au même titre que le montage en articulateur (11). Ce sont ces mêmes examens qui seront utiles (parfois adjoints à une radiographie panoramique), au dentiste réalisant la prothèse, afin de définir un plan de traitement et de construire un projet prothétique.

La céphalométrie prothétique a été déjà évoquée dans la partie 1.2, et la céphalométrie orthodontique et orthognathique sera développée en partie 2.3.2, donc seul l'analyse des moulages va être décrite dans cette sous-partie.

L'analyse des moulages doit se faire systématiquement en association avec sur une mise en articulateur, qu'il soit physique ou numérique, adaptable ou semi-adaptable. Les empreintes physiques (alginates, silicones, polyethers et polysulfures) sont encore très utilisées de nos jours, mais grâce à développement majeur des empreintes numériques depuis leurs débuts dans les années 70 (décrit par le Pr François Duret), les caméras actuelles permettent un enregistrement très fiable des dents (48), ainsi qu'équivalentes à une très bonne empreinte mucostatique de PAC en technique physique (49).

Dans le cas des modèles physiques, le modèle maxillaire sera monté à l'aide dans l'idéal d'un arc facial, où sinon à l'aide d'une table de montage, et le modèle mandibulaire à l'aide de maquettes d'occlusions

réglées. L'utilisation d'une axiographie qu'elle soit mécanique (passe par des tables de calcul pour déterminer la pente condylienne et les angles de Bennett) ou électronique (s'affranchi des tables) est actuellement très rare, et son intérêt dans la programmation des articulateurs totalement adaptable ou adaptable semble finalement être superflu en prothèse amovible et complète par rapport à la simplicité des articulateurs semi-adaptable (50).

Grâce à l'apport de la CFAO, un gain de temps et d'archivage notable des modèles s'effectue, et la dentisterie numérique permet également la mise en place d'un articulateur virtuel. Le modèle maxillaire peut être positionné de plusieurs manières différentes :

- un centrage sur la table de montage virtuelle selon des mires horizontales et transversales qui évitent l'emploi de l'arc facial (50), processus assimilable à une table de montage conventionnelle
- un matching de l'empreinte numérique maxillaire avec des photographies ou un scan facial exobuccal permettant de positionner les maquettes d'occlusion de manière parallèle à la ligne bipupillaire et au plan de Camper
- l'utilisation d'un dispositif comme le système Zebris for ceramill® ou le digital workflow de Zirkonzahn®, qui est un arc facial physique permettant le transfert des informations sur un articulateur numérique

Le modèle mandibulaire peut également être enregistré de différentes manières :

- la plus simple est le scan de l'occlusion en statique, de la même manière qu'une mise en articulateur sur un articulateur semi-adaptable
- la plus complexe mais également la plus précise est l'utilisation d'un outil d'enregistrement de la cinématique mandibulaire comme le Zebris®, le Zirkonzahn® ou encore le très populaire ModJaw®, permettant ainsi de calculer précisément les déplacements condyliens. L'intérêt de ces systèmes paraît encore plus important lorsque l'on prend en compte que l'anatomie du condyle varie avec l'âge et l'édentement. En effet, seul 23% des patients édentés avaient gardé une anatomie condylienne normale lors de l'étude tomographique d'Hatjigiorgis et al (51).

Ces systèmes peuvent également coupler les informations de la relation maxillo-mandibulaire avec une imagerie 3D du patient (scanner ou CBCT) et un scan facial (via scanner à rayonnement ionisants ou caméra exo-buccale). Ces informations réunies nous permettent la création d'un patient virtuel ou jumeau numérique.

Par ailleurs, à tout moment on peut passer du physique au numérique. En effet, il existe des dispositifs permettant de transférer des mises en articulateur physique en numérique (52).

2.2 Planification prothétique d'une réhabilitation complexe

2.2.1 Choix du concept prothétique

Une fois tous les examens effectués, il faut décider du type de prothèse qui sera réalisée. En réhabilitation prothétique dentaire, deux principales orientations prothétiques sont envisageables : la prothèse amovible (qu'il s'agisse d'une prothèse complète ou partielle, avec une base en résine ou en métal, appuyée sur les dents naturelles ou stabilisée par des implants) et la prothèse fixée (qu'elle soit supra-dentaire ou supra-implantaire).

Lors de la conception d'une prothèse amovible complète ou étendue, le choix du concept prothétique se pose en prenant en considération de nombreux facteurs d'ordre scientifiques, économiques et sociaux.

Du côté du patient ; la motivation et les ressources financières sont des paramètres à prendre en compte, mais également et surtout l'autonomie et la motricité fine du patient. En effet, on contre-indiquera une partie des réhabilitations, notamment implantaire si le patient ne peut pas assurer une hygiène rigoureuse.

Du point de vue technique, il est essentiel de considérer :

- Les tissus dentaires résiduels et leur potentiel prothétique, conformément à la loi d'Ante selon laquelle la surface radiculaire des points d'appui doit être supérieure ou égale à celle des dents à remplacer ou celle de Duchange qui attribue un coefficient à chaque dent et pour lequel la somme des coefficients des dents piliers doit être supérieure ou égale à somme des coefficients des dents à remplacer. Bien évidemment, chaque patient étant individuel ces lois seront à pondérer avec la divergence des racines, la répartition des charges occlusal mais également les dysfonctions ou para-fonctions possibles du patient.

- Les tissus mous et durs résiduels qui pourraient nécessiter des greffes. Le cas échéant on peut dans les cas de greffes osseuses les inclure au temps opératoire de la chirurgie orthognathique comme un sinus lift (11,53) ou une greffe d'apposition (54,55). Furuya et al (25) décrivent également dans les cas de recul mandibulaire la possibilité de récupérer l'os autogène du BSSO afin de le greffer en apposition sur un autre site.

2.2.2 Choix du concept occlusal

Une fois le type de prothèse décidé ainsi que son appui qu'il soit implantaire, dento-ligamentaire ou muco-osseux, il faut déterminer comment seront réparties les forces de mastication sur la prothèse : c'est le concept occlusal.

Pour rappel, le fonctionnement physiologique se doit, selon Marguelles-Bonnet et al et repris par Orthlieb (44) de respecter les trois lois élémentaires de la biologie que sont : la préservation des structures, l'économie d'énergie et le principe d'équilibre entre deux contraintes opposées. Ces lois sont donc réparties à deux échelles au sein de la fonction occlusale : au niveau de l'anatomie occlusale des dents, et au niveau de la répartition des charges occlusales dans l'ensemble du complexe manducateur maxillo-mandibulaire.

En ce qui concerne l'anatomie occlusale, la forme des cuspidés s'apparente plus à un type arc gothique qu'à un type arc romain roman (hémisphérique) (44) , afin de répondre à leurs multiples impératifs physiologiques dont notamment réduire le travail musculaire, réduire les forces appliquées sur le tissu de soutien ou encore réduire la tendance à la fracture. Il sera donc essentiel, lors de réhabilitations prothétiques, de reconstruire et respecter cette morphologie. Par ailleurs, cette anatomie permet la création de contacts punctiformes qui en diminuant la surface de contact diminuent les frottements et donc les usures.

En ce qui concerne concept occlusal maxillo-mandibulaire, il en existe plusieurs :

- le concept physiologique de guidage canin ou protection canine, qui est le meilleur selon Orthlieb car répondant le mieux aux lois de la biologie par une désocclusion homogène et minimum (phénomène de Christensen) des structures postérieures les protégeant d'usures prématurées (56).
- la protection de groupe, dans laquelle plusieurs groupes de dents assurent le guidage de la mandibule du côté travaillant, répartissant les charges sur plusieurs éléments au lieu d'un seul
- l'occlusion généralement équilibrée aussi appelée occlusion bilatéralement équilibrée, utilisée en prothèse amovible complète, afin de réduire les bascules de la prothèse, dans laquelle un contact équilibrant est toujours présent du côté non travaillant

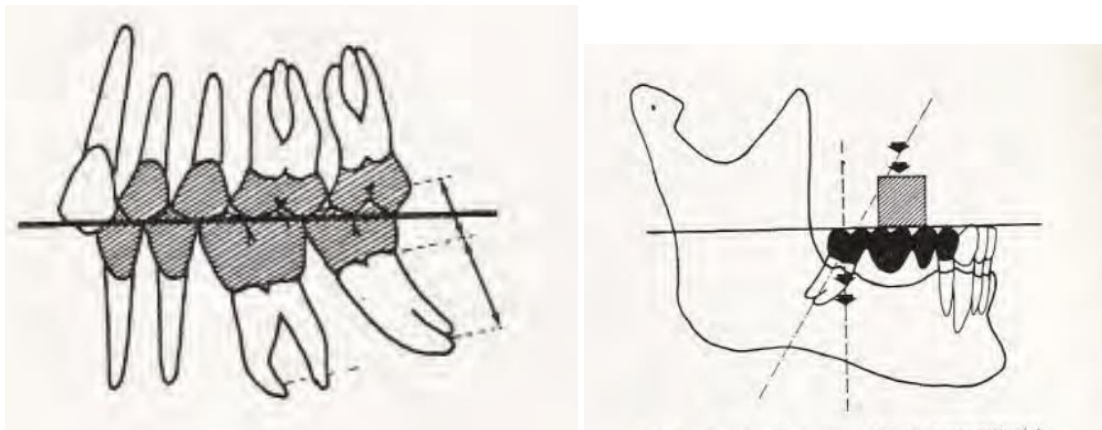
Ces différents concepts seront classés dans cet ordre selon un gradient thérapeutique, en fonction de la qualité des supports résiduels de l'édenté au denté, tout en gardant en tête que réduire la place fonctionnelle de la canine passe par son raccourcissement et donc la réduction de son rôle esthétique. De plus, il faudra prendre en compte lors des réhabilitations que le système masticatoire est un système autocontrôlé par « feedback » grâce auquel le système nerveux centrale peut programmer l'amplitudes des mouvements et la vitesse d'impact en créant des engrammes ; permettant ainsi d'éviter les contacts occlusaux forts, ponctuels et excentrés. L'absence de ligament autour des implants diminuant cette perception, l'occlusion sera à ajuster en conséquence (57).

2.2.3 Biomécanique et répartition des forces occlusales

D'un point de vue biomécanique, si l'occlusion est évaluée en fonction du coefficient masticatoire pour le patient avec comme référence en prothèse le plan de Camper, l'étude d'Okane et al en 1979 (58) met en exergue une force masticatoire moins importante si on dévie de 5° par rapport au plan de Camper. En effet, plus il s'éloigne de la norme, plus les forces occlusales sont axialisées et donc présentent des contraintes. Cette information est donc majeure pour la future chirurgie orthognathique et sera à prendre en compte au maximum lors de la planification. En effet, la puissance masticatoire étant fortement diminuée après une chirurgie orthognathique (3), il faudra optimiser au mieux le projet prothétique pour le confort de vie du patient en post-opératoire.

La courbe d'occlusion quant-à-elle est primordiale pour protéger les dents. En effet, une courbe d'occlusion plate conduit à un rapport racine-couronne défavorable (43) dans l'axe des forces. A contrario, une courbe d'occlusion majorée exercera une force excessive au sein de la courbe. Cette courbe permet également de répartir les forces grâce aux points de contacts de plus en plus larges des incisives aux molaires où les contraintes sont plus élevées, les contacts proximaux répartissant les efforts subis par une dent collatérale (42).

Figure 11 : En occlusion plane, le rapport corono-radicaire est défavorable (43)



Source : Orthlieb, « La courbe de Spee, un impératif physiologique et prothétique », 1983.

Qui plus est, en prenant en compte ces repères anatomique il est cohérent de constater que l'orientation du plan d'occlusion et l'amplitude de la courbe de Spee varient en fonction de la classe squelettique du patient et influencent son efficacité masticatoire. Nous devons donc adapter la courbe et le plan d'occlusion lors d'un passage de classe II ou III à classe I, tout en restant en accord

avec la typologie hypo ou hyperdivergente du patient. Enfin, même si on considère qu'un rapport racine-couronne de 1/1 est minimal pour la pérennité d'une dent, il n'est pas de même pour les couronnes implanto-portées. En effet, les études d'Anitua et al dans son ouvrage sur les implants courts reflètent que le stress s'applique majoritairement au niveau des 2-3 premières spires des implants, ce qui ne justifie pas pour autant de négliger les courbes prothétiques qui elles auront un véritable impact sur la pérennité d'une prothèse implanto-portée. En effet, ce non-respect des courbes et de l'occlusion entraîne à moyen terme de nombreuses complications : dévissage des prothèses transvissées, chipping des céramiques, casses des bridges monolithiques, résorption osseuse favorisée dans les zones subissant le plus l'occlusion.

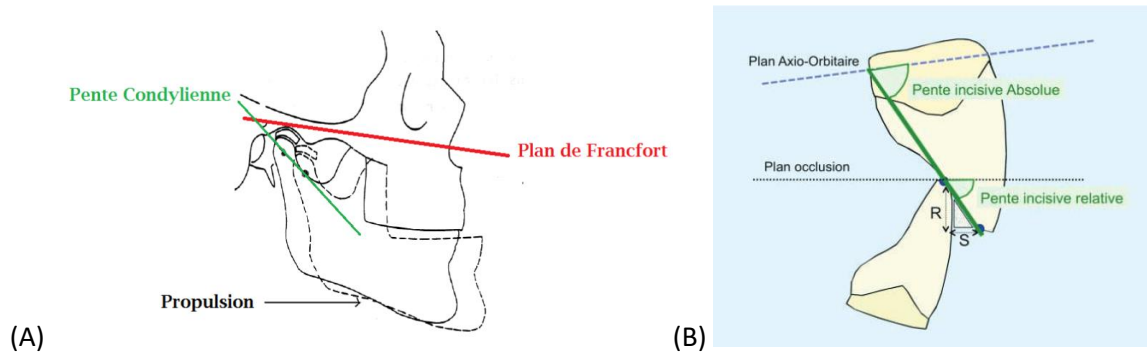
2.2.4 Le montage des incisives

Le placement de l'incisive centrale est, selon Canal et Goudot (3), la « clef de voute de la planification », et doit tenir compte du rapport labio-dentaire, de l'équilibre des étages de la face (le versant orthodontique de la dimension verticale prothétique), avec un angle maxillo-mandibulaire autour de 25° et à un plan occlusal dont le prolongement postérieur doit venir affleurer la région occipitale.

Les incisives doivent être montées dans une zone appelée aire d'Ackerman, définie par l'espace délimité par le sommet de la crête antérieures et le versant vestibulaire de cette crête (le corolaire s'applique également en postérieur, appelé aire de Pound et dans laquelle les dents doivent être montées dans un triangle compris entre la face interne et externe du trigone rétromolaire et le bord mésial du bord libre de la canine). Le montage dans ces aires permet de faire tenir la prothèse en cas de prothèse amovible complète et de limiter les effets iatrogènes (mauvais montage peut conduire à des résorptions osseuses et des hyperplasies gingivales en feuillet de livre) ; et en prothèse supra-dentaire et supra-implantaire de limiter les risques de fracture des couronnes ou des supports par la non-axialisation des forces occlusales avec le tissu osseux. C'est la non-concordance entre ces aires et la position idéale des dents d'un point de vue esthétique et occlusal qui contraint à devoir réaliser des compromis prothétiques (1,10). Par ailleurs, le non-respect de ces aires peut également causer des troubles fonctionnelles car elles se situent dans le couloir de château, zone d'équilibre musculaire entre la langue, à l'intérieur, et la sangle labio-jugale, à l'extérieur. Le débordement d'un montage hors de ces zones affectera les fonctions labiales et linguales.

Une fois les dents montées dans la bonne aire, il faut, afin de maximiser au maximum la cinématique mandibulaire avec un parallélisme entre la pente condylienne, (guidage articulaire) et la pente incisive (guidage dentaire) (59).

Figure 12 : (A) La pente condylienne et (B) la pente incisive



Source : Gueridon, « L'articulateur virtuel du Cerec Software 4.2 : véritable outil de diagnostic ou simple aide à la modélisation d'éléments prothétiques ? » 2014 et Orthlieb, « Les essentiels de la cinématique occlusale », 2017.

Les incisives jouent donc un rôle fonctionnel important dans la mastication, mais également dans la phonation et la fonction esthétique et sociale du patient.

2.3 Planification chirurgicale en chirurgie orthognathique

En ce qui concerne la planification d'un point de vue purement chirurgical, il faut également prendre en compte de nombreux critères. En effet, si on doit attendre la fin de la croissance et donc un certain âge avant d'envisager les chirurgies orthognathiques d'avancé et de recul des maxillaires (3), il n'y a pas de limite maximum d'âge à la chirurgie. Cependant, il faudra peser le bénéfice/risque de la chirurgie orthognathique chez un patient âgé, en prenant également en compte les recommandations de l'anesthésiste. Des soins per-opératoires et post-opératoires seront à apporter avec plus d'attention, associés au risque de maladies chroniques augmentent avec l'âge (60). Par ailleurs, chez les patients âgés et les patients signalant une détresse psychologique élevée avant la chirurgie, le risque de signaler une sensation altérée persistante ou un effet négatif sur les activités quotidiennes est plus importante (61). Le praticien prendra donc la décision d'opérer ou non le patient en fonction de son bilan médical, mais aussi du bénéfice qu'apportera le geste chirurgical et de sa faisabilité.

Pour cela, la visualisation des modèles 3D et l'analyse céphalométrique 3D sont des étapes essentielles de la planification chirurgicale numérique selon Gateno et al (62). En effet, la planification des chirurgies orthognathiques a été grandement améliorée grâce à la planification numérique comme l'ont démontré Ho et al (63) en 2017. Par ailleurs, son importance est capitale pour les cas présentant des asymétries, car la planification divergera alors d'une planification standard qui autrefois se faisait en 2D. Elle permettra d'avoir une évaluation plus précise des corrections chirurgicales à effectuer, mais également de réaliser plus de segmentations pour s'adapter aux asymétries selon Benoit Philippe (18,63).

Enfin, la planification numérique permet de planifier exactement les zones de découpe, et de visualiser leurs interférences avec les éléments anatomiques nobles qui peuvent causer par la suite des complications per ou post-opératoires en cas de lésions. Cependant, la planification numérique présente comme inconvénient que ce sont presque systématiquement des ingénieurs biomédicaux qui réalisent la segmentation osseuse numérique et le placement des points céphalométriques. Il faut donc une communication importante entre le chirurgien et l'ingénieur. Enfin, les plans de coupes osseuses planifiées par l'ingénieur seront à revoir par le chirurgien en fonction de la faisabilité technique de l'accès au lambeau et de positionnement des guides chirurgicaux.

2.3.1 Rappels anatomie maxillo-faciale et éléments nobles

Ho et al (64) ont rapporté qu'une des problématiques de l'utilisation des guides d'ostéotomie était la taille des guides, qu'ils soient maxillaires ou mandibulaires, qui nécessitaient de disséquer les tissus mous de manière plus étendue que dans les cas sans guide. Il faut également, toujours selon les mêmes auteurs prévoir les interférences entre les prothèses et le guide le jour de la chirurgie car c'est l'occlusion qui détermine le positionnement d'un maxillaire par rapport à l'autre.

Ainsi, même si la précision apportée par le guide par rapport à la planification est indéniable (64), il faut garder en tête plusieurs inconvénients des guides chirurgicaux et notamment ceux qui nous intéressent :

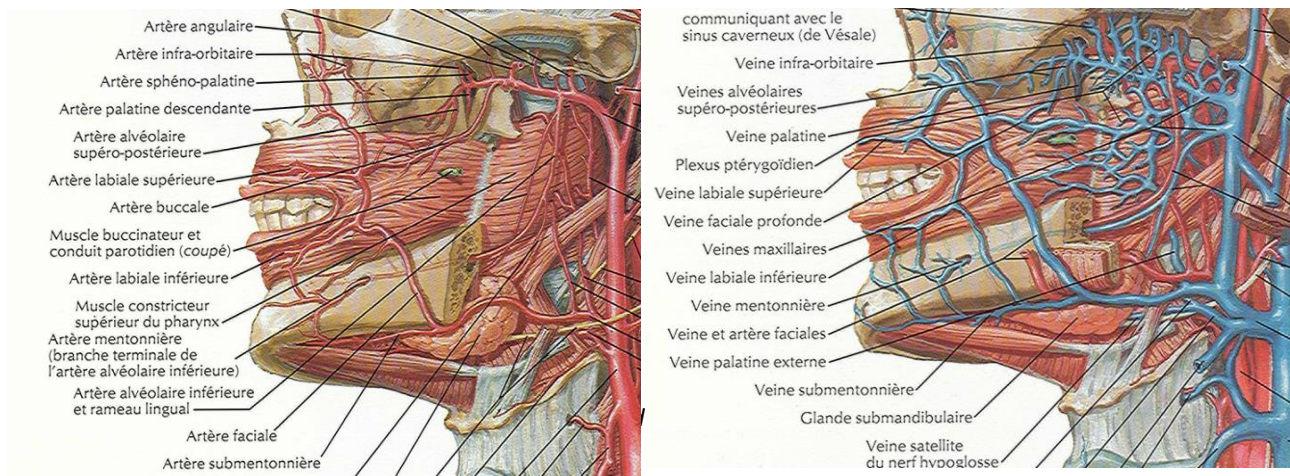
- Les coûts des guides d'ostéotomie et des plaques de fixation personnalisées sont beaucoup plus élevés qu'une chirurgie non guidée et des plaques pré-faites à modeler sur l'os (64)
- Tout étant basé sur la planification chirurgicale et prothétique, si le guide a été mal conçu (ex : défaut lors de la segmentation osseuse), n'est pas utilisable totalement (ex : guide non ou mal contrôlé par le chirurgien lors de la planification par l'ingénieur biomédical, et présentant une contre-indication anatomique), ou seulement partiellement (ex : interférence guide/prothèse pour consolider en bonne occlusion) ; les résultats seront soit aléatoires, soit la chirurgie sera reprogrammée alors qu'un lambeau important aura déjà été levé, ce qui serait délétère pour le patient.

Ainsi, il semble indispensable que le chirurgien sache réaliser la chirurgie en non guidée si besoin, ainsi qu'une excellente connaissance des éléments anatomiques nobles à préserver lors de la chirurgie.

En ce qui concerne le complexe artérioveineux, une hémorragie massive peut intervenir lors d'une greffe interpositionnelle et d'une ostéotomie de Le Fort 1. En effet, d'après Lundgren (65) ces chirurgies sont relativement invasives et peuvent provoquer une hémorragie à la suite d'une lacération accidentelle de l'artère palatine majeure (branche de l'artère palatine descendante) ou d'autres branches de l'artère maxillaire. Cependant, lors d'une anesthésie générale, l'hémorragie n'est généralement pas un problème majeur, la plus dangereuse étant l'hémorragie située dans la période post-opératoire immédiate qui nécessitera une intervention appropriée (65).

Par ailleurs, comme déjà évoqué, le respect des éléments vasculaires est primordial pour éviter la nécrose du maxillaire ; qui reste la conséquence la plus dramatique d'un échec de chirurgie de LeFort1.

Figure 13 : Portion des planches anatomiques 63 (artères) et 64 (veines)

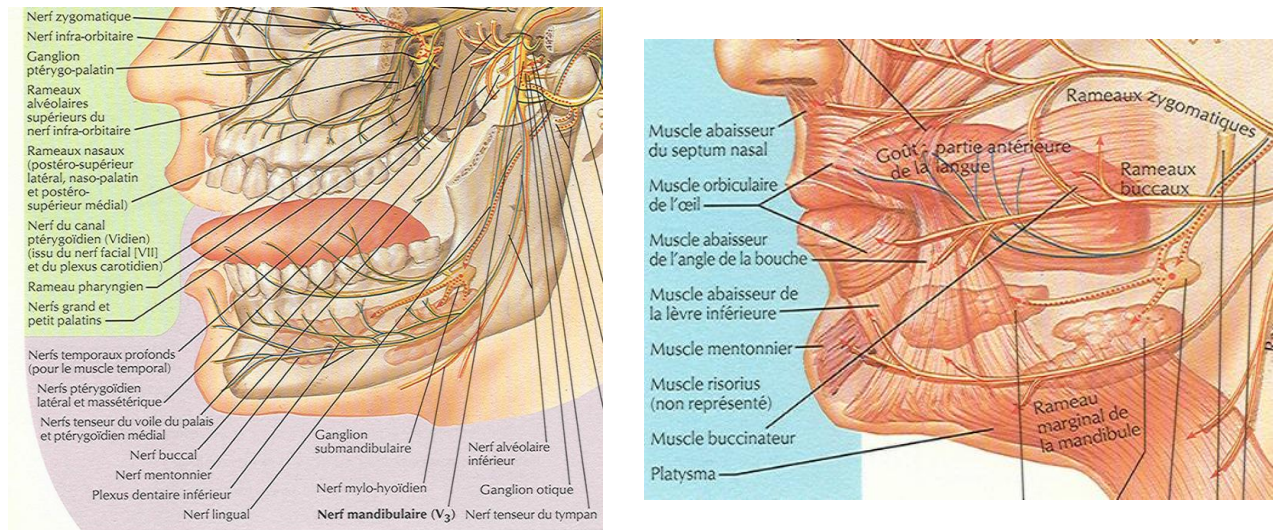


Source : Netter, *Netter Atlas d'anatomie*, 5^e édition, 2011.

En outre, si la gestion des complications artérioveineuses se fait à court terme, les lésions nerveuses peuvent être problématiques sur le long court. Certains facteurs de risque comme l'âge et l'état mental peuvent avoir des conséquences post-opératoires, mais le risque majeur associé est l'ampleur de l'avancée mandibulaire ; qui peut aller jusqu'à causer des anomalies sensorielles post-opératoires permanente selon Dhima et al (26), même si cela reste rare et qu'une diminution voir disparition des symptôme reste le cas de figure le plus fréquent (66).

La perte ou l'altération de sensibilité touche principalement la mandibule et notamment le nerf alvéolaire inférieure dans le cas des avancées mandibulaire qui étirent le nerf, ou ses branches dans des cas d'ostéotomies segmentaires comme celles d'Epker (atteinte du territoire de l'hémi-lèvre inférieure), Wassmund (atteinte du secteur incisivo-canin), ou la génioplastie (atteinte de l'hémi-lèvre inférieure).

Figure 14 : Portion des planches anatomiques 116 (Nerf trijumeau V, en vert le V2 et violet le V3) et 117 (Nerf Facial VII)



Source : Netter, *Netter Atlas d'anatomie*, 5^e édition, 2011.

Une autre des complications à moyen et long terme des chirurgies orthognathique est la pseudarthrose. Définie comme une absence de consolidation osseuse entre deux fragments osseux, elle peut se caractériser par des conséquences lourdes comme la mobilité du maxillaire. Si son incidence dans la littérature est relativement faible (entre 0,33 et 0,8%), Imholz et al (67) estiment que ce chiffre est sans doute sous-estimé car la mobilité parfois frustrante est visible en moyenne plus d'un an après la chirurgie. Dans le cas de grosses mobilités, une réintervention avec un curetage du tissu fibreux d'interposition sera nécessaire.

Enfin, dans les cas de chirurgie orthognathique sur des patients ayant encore des dents, il sera important d'épargner les racines lors de la réalisation des ostéotomies et de la pose des vis de stabilisation des guides.

Parmi les complications modérées se trouve également l'exposition du greffon malgré des sutures sans tension à quelques semaines post-opératoire (9,68).

2.3.2 Analyse céphalométrique

Comme évoqué précédemment (11), l'analyse céphalométrique est indispensable à la planification de chirurgie orthognathique. En partant de ce postulat, deux grandes questions se posent : quelle analyse céphalométrique choisir parmi les nombreuses présentes dans la littérature (Downs, Steinert, Ballard, Ricketts, Sassouni, Tweed ou encore Delaire), et ces analyses sont-elles valables également pour l'édenté ?

Les multiples analyses céphalométriques sont réparties en trois grandes catégories :

- les analyses typologiques comme celle de Björk, qui déterminent un type facial
- les analyses dimensionnelles qui se basent sur des mesures angulaires ou linéaires, très influencées par la moyenne ethnique dont elles sont originaires (20 patients jeunes caucasiens pour Down, 500 images de patients caucasiens pour Tweed dans les années 1960).
- les analyses architecturales et structurales dans lequel des moyennes ethniques peuvent intervenir pour certains calculs (F1 dans l'analyse de Delaire par exemple), mais qui comparent globalement le patient à lui-même et mettent en évidence les déséquilibres.

Ainsi, d'après Goudot et al (3), il est préférable de s'orienter vers des analyses céphalométriques architecturales comme celle de Delaire, Gola ou encore Sassouni. Cependant, ayant des repères anatomiques et des systèmes de calculs différents, ces analyses influenceront les résultats. L'analyse de Sassouni ayant tendance à donner des profils plus transfaciaux que ceux de Delaire, et Gola à donner des faces plus longues (3).

Par ailleurs, peu importe l'analyse choisie il faut garder en mémoire les caractéristiques ethniques du patient, en particulier chez les patients non caucasiens donc ayant un biais ethnique par rapport aux normes statistiques utilisées lors de la calibration des analyses (69).

En ce qui concerne l'analyse céphalométrique du patient édenté, la principale complication sera que si l'analyse architecturale est possible sans prendre un seul repaire dentaire dans le cas de l'analyse de Delaire, il n'est pas de même pour l'analyse orthognathique complémentaire qui est nécessaire afin de mettre en exergue les divergences par rapport au patient « idéal ».

C'est pourquoi, sur le patient édenté il faut nécessairement un montage de dents diagnostic, avec mise en relief à l'imagerie par un matériau radio-opaque (le plus utilisé étant le sulfate de baryum) comme illustré par Ashy et al (70) qui montent les dents dans leur position idéale sur la crête afin d'évaluer le décalage maxillo-mandibulaire. Beltrao et al (71) utilisent également la céphalométrie sur téléradiographie de profil avec simulation de la position des incisives afin de quantifier le défaut

maxillaire et de guider le type de reconstruction (<5mm d'insuffisance maxillaire, traitement par greffes d'apposition, > 5mm chirurgie de Lefort 1).

Enfin, il faut prendre en compte que certains des cas à traiter sont atteints de syndromes causant des asymétries. La pertinence de la céphalométrie 2D basée sur les téléradiographies de face et de profil en deviennent donc obsolètes à cause des dédoublements visibles, et ne permet pas une bonne estimation des dysmorphies. Pour ces cas, le développement de l'imagerie 3D a permis une amélioration du diagnostic et de la planification des traitement selon Kapila et Nervina (72). Cependant, la transposition des analyses céphalométriques 2D à l'imagerie 3D s'avère extrêmement complexe vis-à-vis du placement des points anatomiques, ainsi que de l'exploitation des données très nombreuses qui en découle. Quelques analyses 3D ont été proposées comme celle de Gateno et al en 2011, ou Treil et al en 2000, cependant aucune n'est considérée comme le gold standard et de nos jours elles sont encore très peu utilisées. De plus il existe actuellement, en fonction des points choisis, une variabilité inter-opérateur de placement des points sur les zones courbes ou mal délimités (73).

Les analyses céphalométriques architecturales étant longues à réaliser, elles sont maintenant quasiment exclusivement réalisées de manière informatisée. De plus, si le placement manuel des points pour tous les types d'analyses reste la référence, une semi-automatisation ou automatisation complète du placement de ces points a été développé ces dernières années Lindner et al (74) dont certaines sont actuellement commercialisées comme CellmatIQ® ou WebCeph®.

Associé au gain de temps significatif que nous avons actuellement sur la segmentation des imageries 3D, l'idéal serait un logiciel automatisé d'analyse céphalométrique 3D qui permettrait une segmentation de l'imagerie et un placement des points automatisée (73), ceci associé à une analyse céphalométrique 3D spécifiquement orientée sur l'analyse des cas orthodontiques chirurgicaux.

3 : La planification prothético-chirurgicale

3.1 Projet prothétique

Lors de leur consultation initiale, les patients nécessitant une prise en charge prothético-chirurgicale orthognathique complexe ont deux grands motifs de consultation : la restauration des fonctions, et la restauration d'une esthétique harmonieuse. Dans cette idée il faut dans l'idéal avoir une forme ortho-alvéolaire (12) qui consiste en un os alvéolaire positionné en relation de classe I, axialement aligné sur l'arche opposée.

3.1.1 Un projet fonctionnel

Ainsi donc, les patients souhaitent restaurer leurs grandes fonctions :

- la respiration pour les patients atteints de SAHOS, pour lesquelles une avancée mandibulaire libèrera les VADS et permettra de diminuer les apnées-hypopnées. Une distraction du maxillaire permet également l'élargissement des fosses nasales et donc de favoriser une respiration nasale
- la mastication, que le montage prothétique cherchera à permettre de manière unilatérale alternée et pour lequel la concordance des arcades maxillaire et mandibulaire sera primordiale, avec notamment un maximum de forces exercées au niveau des 5-6
- la phonation pour laquelle la position des dents est primordiale (une mauvaise dimension verticale ou positions des molaires causant un chuintement, ou encore une mauvaise position des incisives un zozotement),
- la déglutition : le rattrapage des décalages basaux et donc de l'occlusion labiale au repos favorisant une déglutition physiologique, et l'avancée mandibulaire libérant de la place pour la langue au repos.

3.1.2 Un projet esthétique

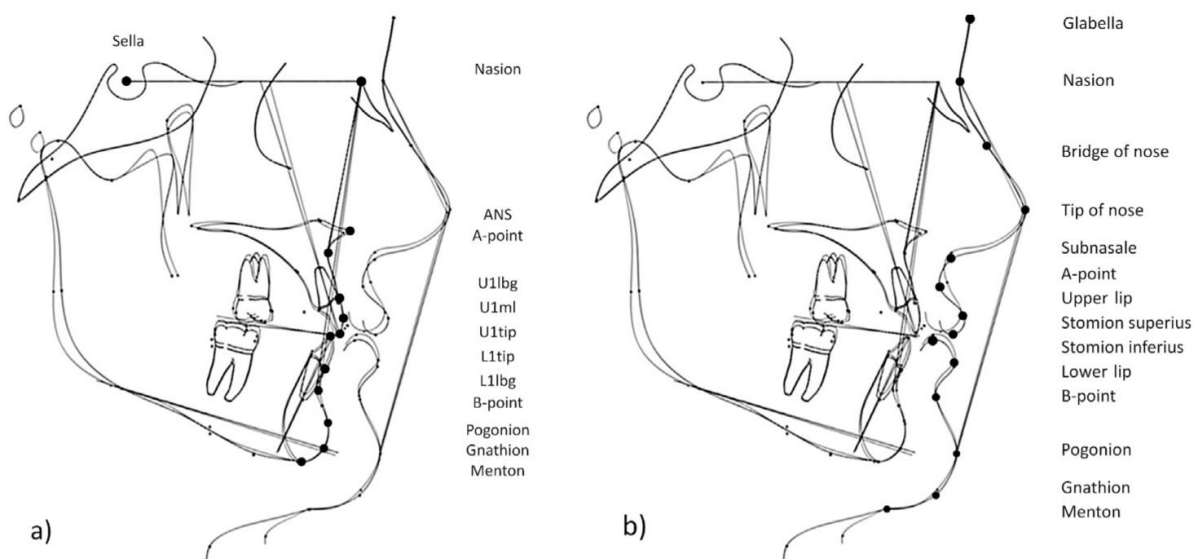
Certains auteurs considèrent l'esthétique comme la dernière des fonctions, étant donné son importance dans l'estime de soi et le rôle social du patient. En effet, ce dernier ne cherchera pas tant des modifications dans son profil squelettique qu'il peine à évaluer, que dans son profil cutané qui sera sa valeur de référence. Pour une planification chirurgicale réussie, la visualisation des tissus mous

faciaux postopératoires est donc très importante, car le résultat esthétique de la chirurgie corrélé à une attente réaliste du résultat peut améliorer la satisfaction des patients (75).

C'est pourquoi, très tôt les auteurs se sont penchés sur l'analyse céphalométrique des tissus mous afin de compléter l'analyse céphalométrie squelettique. Dès 1980 Legan et Burston ont développés une analyse cutanée. Quelques années plus tard en 1983 Holdaway évaluait en comparant les analyses squelettiques et tissulaire la prédictibilité du changement cutané en fonction du changement squelettique.

En 2019 Van Twisk et al (76) ont effectué une étude rétrospective en 2D sur la précision du logiciel Dolphin Imaging® sur la prédictibilité des tissus mous sur plus de 100 patients ayant effectué des chirurgies orthognathiques différentes, avec comme conclusion que le logiciel donne des prédictions raisonnables des résultats postopératoires, cependant avec moins de précision au niveau de la lèvre inférieure et de sa position verticale. Rupperti et al (77) en 2021 sont moins optimistes en relevant une erreur de prédiction élevée de près de 2 mm indiquant une faible prévisibilité de la position attendue des lèvres et de Sn. On peut supposer que cette faible prédictibilité post opératoire notamment au niveau des lèvres et du point sous-nasal est due à un remaniement musculaire des lèvres une fois leur occlusion au repos facilitée.

Figure 15 : Céphalométrie squelettique VS tissulaire



Source : Van Twisk et al, « How accurate is the soft tissue prediction of Dolphin Imaging for orthognathic surgery? », 2019.

Afin d'être plus exhaustifs, Awad et al (78) ont en 2022 réalisé une étude sur la prédiction en 3D du changement des tissus mous en chirurgie orthognathique à l'aide du logiciel VSP IPS CaseDesigner®, leur résultats indiquant un pourcentage de tissus mous correctement prédits de 69,4% à 96,0%. Cependant, comme Van Twisk ils relèvent une approximation plus importante pour la partie inférieure. Cette variabilité de résultats peut être due à la forme et à la proportion des tissus mous comme le suggèrent Madrekar et al.

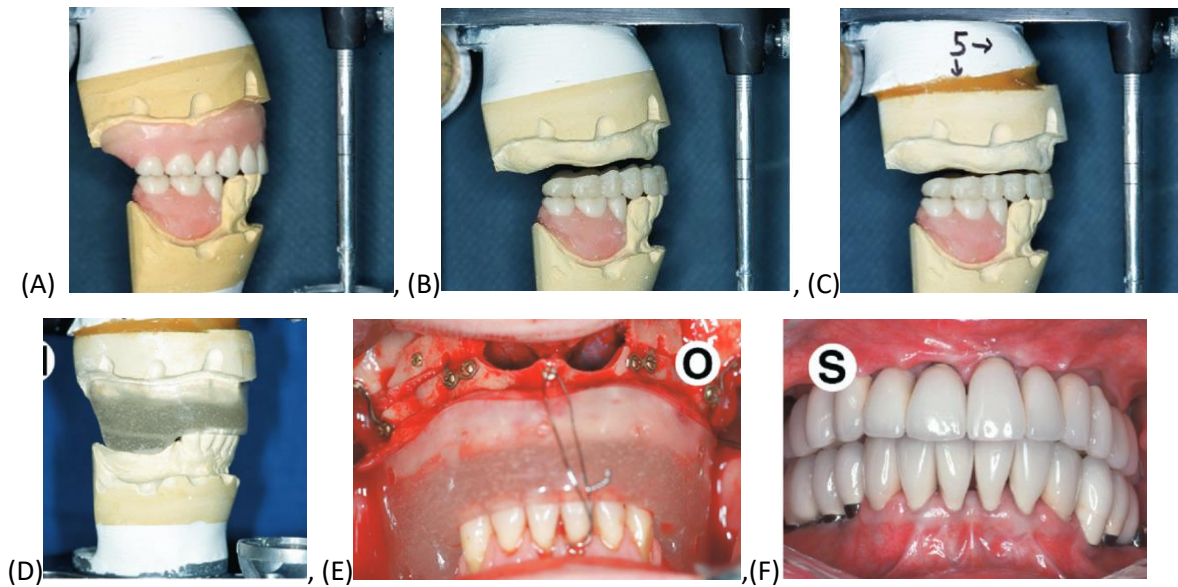
3.2 Les différents types de planification

Afin de mettre en œuvre les objectifs recueillis précédemment il existe deux grandes méthodes de planification orthodontico-chirurgicale : la méthode manuelle (plus ancienne, moins précise mais nécessitant moins d'intervenants) et la méthode numérique.

3.2.1 Manuelle

La planification manuelle se réalise sur un articulateur semi-adaptable dans la plupart des cas. Aucune technique n'étant reconnue comme le *Gold Standard*, mais plusieurs ont été développées dans la littérature. Ellis et al (79), ont publié en 2007, une étude de cas dans laquelle un montage de dents idéal en fonction de la mandibule a été réalisé au maxillaire, sans prendre en compte les aires de montage conventionnelles (figure 16 (A)). Cependant la DV du patient et son soutien labial ont été validés par essayage en bouche du modèle. Grâce à ce projet prothétique, une empreinte à l'alginate du montage de dents a été réalisé, et un bridge a été coulé en résine dans l'empreinte (figure 16 (B)). Ce bridge a été positionné en occlusion comme sur le montage, et le modèle maxillaire a été repositionné sur sa base (5mm en avancée et 5 en rotation) afin d'avoir le montage de dents placé dans les aires de montage, et un espace physiologique entre le collet des dents et le niveau osseux (figure 16 (C)). Cet espace permettra par la suite de réaliser une réhabilitation implantaire sans fausse gencive. Cette nouvelle position maxillo-mandibulaire a permis de réaliser un guide chirurgical en résine transparente, monobloc avec un léger retour en vestibulaire des incisives mandibulaires afin d'être stable dans les 3 sens de l'espace (figure 16 (D)).

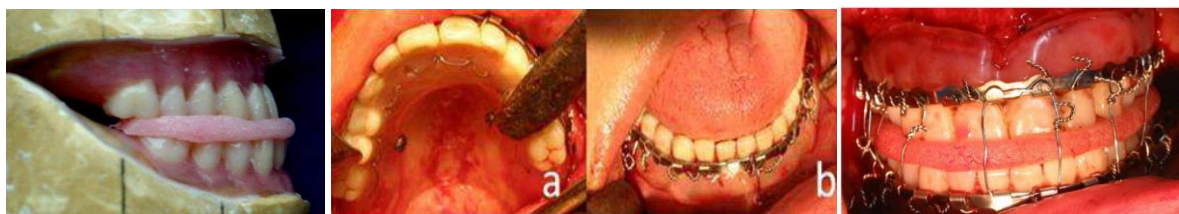
Figure 16 : Planification selon Ellis et McFadden



Source : Ellis et McFadden, « The value of a diagnostic setup for full fixed maxillary implant prosthetics », 2007.

Dans le cas de figure d'une chirurgie maxillo-mandibulaire, une gouttière intermédiaire est réalisée, comme dans le cadre des chirurgies per traitement orthodontique. Un exemple est reporté par Siadat (19) avec l'utilisation d'une calle en résine chémo-polymérisable pour repositionner un des maxillaires opérés, avant de réaliser la seconde étape chirurgicale. Dans ce cas, afin que les prothèses guide ne bougent pas pendant la chirurgie, elles sont vissées aux bases osseuses. Des attelles métalliques ou des potences sont solidarisiées aux prothèses afin de servir en post-opératoire de contention.

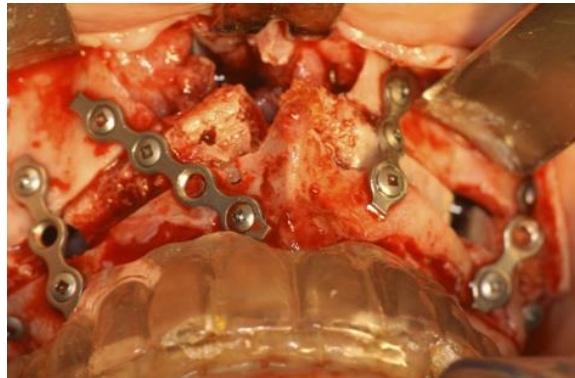
Figure 17 : Planification selon Siadat et al



Source : Siadat et al, « New method for fabrication of gunning splint in orthognathic surgery for edentulous patients », 2012.

Au contraire, Marchetti (21) et al en 2009 ou encore Ashy et al en (70) en 2013 préfèrent utiliser un duplicata transparent du projet prothétique qui permet de contrôler l'enfoncement de la prothèse, et ce projet prothétique servira dans un second temps à planifier un projet implantaire.

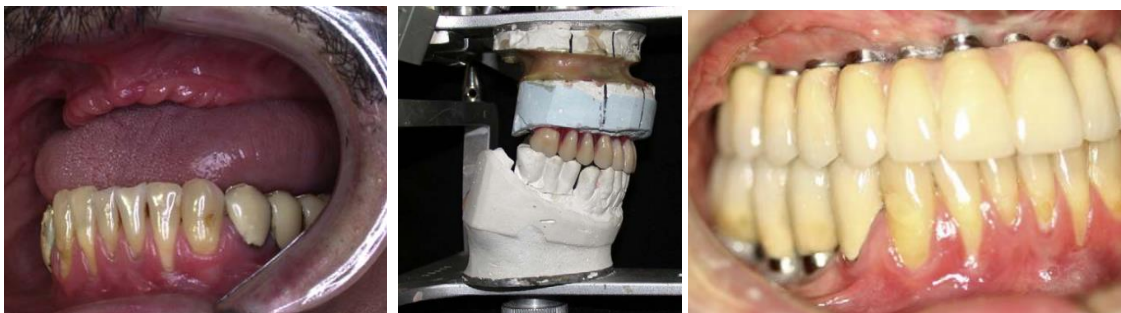
Figure 18 : Duplicata transparent comme guide



Source : Marchetti et al, « Le fort I osteotomy with interpositional graft and immediate loading of delayed modified SLActive surface dental implants for rehabilitation of extremely atrophied maxilla : a case report », 2009.

Cependant, certains comme Ribeiro-Junior (54) et al en 2009 font dans un premier temps un projet implantaire, et grâce au projet prothétique idéal supra-implantaire guident la chirurgie orthognathique. Ces cas sont traités comme des cas de chirurgie orthognathique per traitement orthodontique, avec la pose d'un système multi-attache sur le bridge provisoire supra-implantaire, les brackets reliées entre eux par un arc avec des potences.

Figure 19 : Planification selon Ribeiro-Junior et al



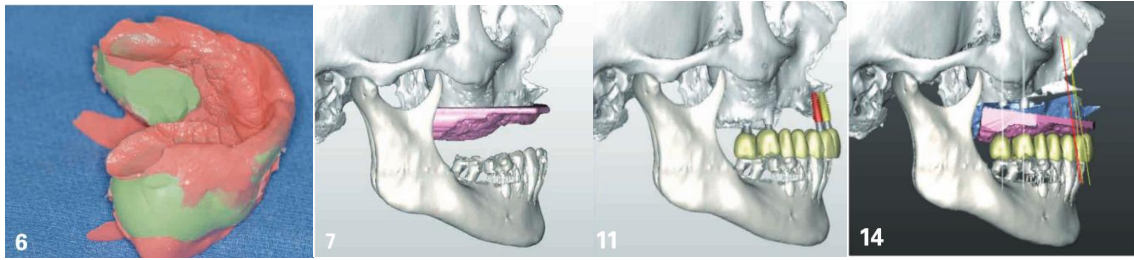
Source : Ribeiro-Junior, « Bone grafting and insertion of dental implants followed by Le Fort advancement for correction of severely atrophic maxilla in young patients », 2009.

Malgré la présence d'un projet prothétique en amont de la réalisation chirurgicale, l'article écrit par Isaksson (1) et al en 1993, présentant 12 patients avec un questionnaire de satisfaction esthétique, phonétique et des fonctions intra-orale a montré les limites et les erreurs de ce genre de projets. En effet, un des cas présentés a contraint à réaliser une prothèse en overdenture à cause d'un décalage sagittal encore trop important (l'article ne précise pas si le décalage initial était inférieur ou supérieur à 10mm, une chirurgie mandibulaire complémentaire aurait pu être nécessaire et anticipée avant la chirurgie). De plus, 3 patients ont présenté des problèmes d'élocution en post-opératoire dont un a nécessité une prise en charge chez l'orthophoniste. L'article ne précise pas si l'élocution a été définitivement améliorée.

3.2.2 Numérique

Benoit Philippe (80) en 2013 a proposé un cas réalisé complètement en numérique. Le scanner initial est réalisé en relation centrée, à l'aide un bourrelet de silicone radio-opaque réalisé par le chirurgien dans la séance précédant l'imagerie. A l'aide du logiciel Simplant® une simulation d'un projet prothétique est réalisée. Le positionnement des dents virtuelles en fonction de l'arcade antagoniste puis positionnement idéal des implants à l'aide du logiciel. L'usage d'un guide radiologique ou de marqueurs radio-opaques inclus dans la prothèse adjointe radio transparente facilite ce positionnement quand il y en a une. Dans le cas contraire un négatif du bourrelet de silicone permet de reproduire l'appui ostéo-muqueux pour le projet prothétique. Le contrôle de la simulation implantaire sur les coupes sagittales permet d'apprécier l'ampleur de l'atrophie squelettique ; l'implant dentaire idéal étant situé en dehors de l'infrastructure osseuse. À la suite de ce positionnement implantaire idéal, une simulation de l'ostéotomie de Lefort 1 est réalisée. Le maxillaire est déplacé vers l'avant et vers le bas. Une discrète rotation antérieure du plateau maxillaire autour de l'axe tubérositaire est possible afin de normaliser au niveau du prémaxillaire l'espace libre inter-arcade. La visualisation sur les coupes axiales permet une étude qualitative et quantitative des structures anatomiques « cachées » (sinus maxillaires, fosses nasales). La connaissance de la forme et des dimensions des cavités sinusiennes et du prémaxillaire est nécessaire pour optimiser le prélèvement des greffons corticospongieux puis leur taille précise.

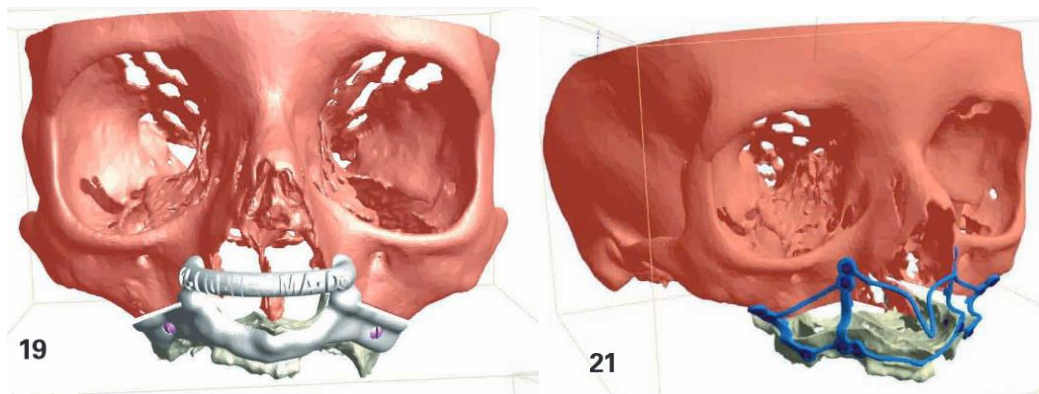
Figure 20 : Planification selon Benoit Philippe



Source : Philippe, « Chirurgie orthognathique guidée », 2019.

À la suite de ce projet, le guide chirurgical est réalisé à l'aide d'un ingénieur biomédical, sous la responsabilité du chirurgien. Des mini-plaques personnalisées sont également réalisées par fusion laser de poudre de titane.

Figure 21 : Guide d'ostéotomie (19) et miniplaques (21)

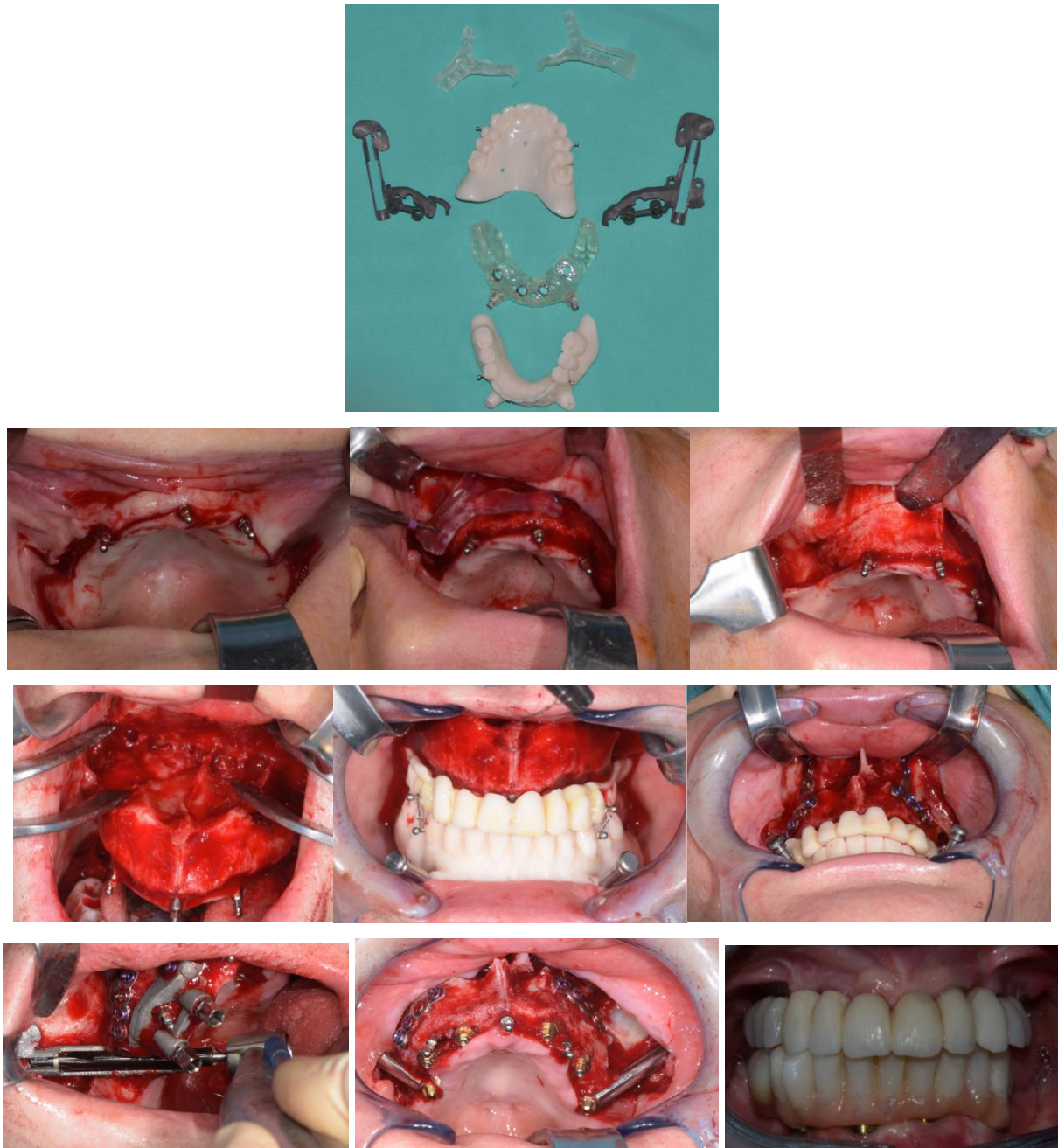


Source : Philippe, « Chirurgie maxillo-faciale guidée », 2015.

Une autre façon de faire a été décrite par Grecchi et al (81) en 2022, qui décrivent avec précision le protocole numérique réalisé pour concevoir leur projet prothétique et chirurgical à l'aide du logiciel Surgiplanner® et d'un ingénieur médical. Dans un premier temps un scanner a été réalisée en pré-opératoire (format DICOM). Une première simulation d'ostéotomie du maxillaire atrophié a été réalisée, avec la possibilité de déplacer les segments dans trois sens de l'espace. La segmentation de l'articulation temporo-mandibulaire (fosse glénoïde et processus condylien) a permis de créer un

modèle 3D de l'articulation temporo-mandibulaire, et donc la reproduction des mouvements maxillo-mandibulaires dans les 3 plans de l'espace. Le contrôle des mouvements condyliens a permis la reconstruction d'une occlusion fonctionnelle dans une prothèse fixe. Un modèle 3D du squelette facial du patient a ensuite été fabriqué de manière fonctionnelle, sans l'utilisation d'un transfert d'arc facial. Grâce à un outil d'articulateur virtuel inclus dans le logiciel Surgiplanner®, le montage maxillaire a été réalisé en utilisant des plans anatomiques de référence (plan de Francfort, ligne intra-orbitale). La mandibule a été positionnée en alignant l'axe de la charnière avec l'axe de rotation de l'articulateur. Cette mise en articulateur virtuelle, agissant comme une axiographie avec articulateur adaptable, a permis de concevoir numériquement une prothèse totale supérieure avec une occlusion correcte. Une maquette de ce projet prothétique a été imprimée, avec les dents en matériau radio-opaque. Par la suite, une deuxième CBCT du patient portant la prothèse supérieure, et avec des repères métalliques sur la peau, a été prise à partir d'une vue latérale. Ces repères ont permis d'identifier le plan orbital de l'axe des x, les incisives inférieures centrales et les cuspidés distales des deux molaires inférieures. Une deuxième analyse céphalométrique a été réalisée afin d'évaluer les relations squelettiques et fonctionnelles, la dimension verticale du visage du patient et le plan occlusal, avec la position et l'orientation correctes des incisives supérieure et inférieure. À cette étape, les éléments dentaires de la prothèse ont été évalués pour la taille et la forme des futures couronnes prothétiques. L'opinion du patient a également été prise en considération, afin de satisfaire ses attentes esthétiques et fonctionnelles. L'insertion d'implants dentaires/zygomatiques et la réhabilitation prothétique ont été simulées sur les modèles virtuels 3D. Après la validation finale, des guides de coupe chirurgicaux maxillaires spécifiques au patient sur mesure, avec des modèles STL, des gabarits de guide de perçage implantaire et des plaques d'ostéosynthèse (titane grade 23 avec une épaisseur de 0,7 mm) ont été fabriqués par impression 3D.

Figure 22 : Planification selon le modèle de Grecchi et al



Source : Grecchi et al, « Simultaneous Le Fort I osteotomy and zygomatic implant placement », 2022.

Cependant, un des inconvénients notables des guides sur mesure est que la réalisation des guides tout comme celle des plaques demande une segmentation des volumes 3D de très bonne qualité, dépendant d'une part d'une bonne acquisition de l'imagerie dès le début, et d'autre part d'une segmentation semi-automatique très dépendante d'un opérateur humain. Cette segmentation sera

plus facile à réaliser sur CT-Scan par rapport à un CBCT car facilité par une standardisation en fonction des niveaux de gris des tissus (unités Hounsfield).

3.3 Post-opératoire et contention

3.3.1 En orthodontie

Les arcs « chirurgicaux » doivent permettre d'assurer un blocage maxillo-mandibulaire. Il est donc nécessaire que l'orthodontiste ait pris en charge (collé ou bagué) l'ensemble des dents, à l'exception des dents de sagesse souvent extraites, et en particulier les premières et les deuxième molaires qu'il est préférable de baguer plutôt que de coller afin d'améliorer la solidité de l'ensemble. Un crochet gingival (potence) de 3 mm de hauteur soudé ou clippé du côté gingival, en laiton ou en acier doit être placé en regard de chaque papille interdentaire, aux deux arcades. Ces crochets permettent le blocage métallique pendant la mise en place du système de d'ostéosynthèse et d'assurer éventuellement une mise en occlusion par élastiques maxillo-mandibulaires pendant la consolidation osseuse (45 jours postopératoires)(3).

Dans un premier temps, le patient est contraint à une alimentation liquide à la paille. Cependant, en 8 à 10 jours maximum ce régime doit être remplacé par une alimentation normale hachée. De texture tendre, elle suppose la suppression de certains aliments (légumes crus, fruits crus durs, certaines charcuteries, certains légumes cuits entiers, durs et/ou fibreux, viande rouge) mais autorise, par exemple, tous les fromages mous, certaines viandes entières tendres ou émincées ou moulinées, les poissons, tous les féculents. Moins astreignante que le régime liquide, elle permet une alimentation équilibrée, sans nécessité de supplémentation. Elle réduit les intolérances digestives. Elle autorise plus facilement une vie sociale grâce à des conseils. Cette alimentation normale hachée doit être poursuivie jusqu'à la consolidation osseuse estimée à 6 semaines. (3)

3.3.2 En prothèse

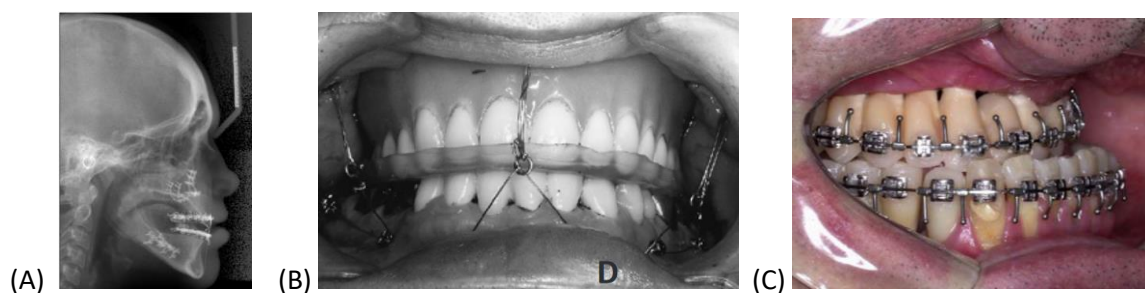
Dans le cas de réhabilitation par des prothèses amovibles uni maxillaires ou maxillo-mandibulaires, cette solution semble contraignante, la stabilité post-opératoire étant primordiale pendant le remodelage osseux, des alternatives ont été réalisées.

Certains auteurs comme Siadat et al (19) ou encore Ashy et al (A) ont transposé les fixations sur les prothèses ou pour Ashy et al le duplicata transparent guide de la prothèse et y ont fixé des arceaux en acier correspondant aux potences orthodontiques, et ont par la suite ligaturé la prothèse au maxillaire

ostéotomisé, idem à la mandibule. Dans une version plus simple, Furuya et al (B) ont fixé la prothèse au maxillaire et ont ensuite mis des fixations intermaxillaires en laissant l'occlusion caler le reste des arcades. D'autres comme Kämmerer et al (82) chez l'édenté partiel ou Ho et al (64) n'utilisent pas de systèmes de stabilisation inter-maxillaire et comptent sur une bonne occlusion pour suffire à maintenir le post-opératoire.

Dans le cas de prothèses fixées, qu'elles soient supra-dentaires ou supra-implantaires comme dans le cas de Ribeiro Junior et al (C), les praticiens se sont rapprochés le plus possible des concepts orthodontiques en collant des brackets avec mise en place de potences sur toutes les dents, même sur le bridge complet supra-implantaire maxillaire.

Figure 23 : (A) ligatures sur les prothèses guide en plus des fixations intermaxillaires pour Ashy et al , (B) Prothèse maxillaire vissée et ligatures métal pour Furuya (25), (C) potences sur arc pour Riebero Junior (54)



Sources : Ashy et Sukotjo, «Prosthodontic and surgical management of a completely edentulous patient with a severe class III skeletal maxillomandibular relationship : a clinical report », 2013 ; Furuya et al, « Implant treatment after sagittal splitting ramus osteotomy and alveolar ridge augmentation in patient with mandibular prognathism and multiple missing maxillary teeth », 2018 ; Ribeiro-Junior et al, « Bone grafting and insertion of dental implants followed by Le Fort advancement for correction of severely atrophic maxilla in young patients », 2009.

PARTIE B : Applications cliniques chez l'édenté : revue systématique de la littérature

1 : Matériels et méthode

Les critères PRISMA ont été suivis pour la réalisation de cette revue systématique (annexe 1)

1.1 Objectifs et question de recherche

Comme nous l'a montré la première partie de cette thèse, le progrès des technologies modernes a simplifié la planification et la réalisation de la chirurgie orthognathique chez les patients édentés. Bien qu'il existe des études de cas, il n'existe pas de revues systématiques de la littérature rendant compte de la prise en charge chirurgicale et prothétique de ces patients, que ce soit à travers des chirurgies orthognathiques isolées ou combinées à des poses d'implants endo-osseux simples ou zygomatiques. En effet, les études ou séries de cas portant sur ces situations ne mentionnent généralement pas ou peu l'aspect prothétique. Malgré la complexité de ces interventions, leur caractère difficilement réversible et la longue période post-opératoire contraignante, de nombreux chirurgiens procèdent à ces interventions sans considérer de projet prothétique, entraînant parfois des compromis significatifs ultérieurement (1).

De surcroît, bien que la phase chirurgicale soit souvent mise en avant, peu d'études de cas abordent le motif initial de consultation du patient : la réhabilitation prothétique et esthétique. Chaque étude de cas aborde cette problématique de manière individuelle, avec une faible utilisation de méthodes d'analyse du succès prothétique. Ainsi, aucun critère de référence ne peut être universellement reconnu pour la prise en charge de ces patients.

Les objectifs de cette revue systématique étaient de fournir une analyse méthodique et exhaustive de la littérature sur la planification prothético-chirurgicale, d'évaluer le niveau de preuves et la qualité des articles inclus, et d'établir une méthode structurée aussi efficace que possible, minimisant les erreurs, pour la réhabilitation des patients.

1.2 Critère d'éligibilité, d'inclusion et d'exclusion

Les articles éligibles pour cette revue systématique étaient ceux dont le sujet traitait de la chirurgie orthognathique de l'édenté, publiés entre 1965 et juillet 2024. Les articles sélectionnés devaient contenir une indication clinique, une prise en charge chirurgicale et une prise en charge prothétique du ou des patients. En raison du faible niveau de description de la prise en charge prothétique, ont été inclus tous les articles traitant de réhabilitation prothétique étendue avec perte de calage, qu'elles soient amovibles partielle ou totale, maxillaire, mandibulaire ou maxillo-mandibulaire, fixées dento porté ou implanto-porté. Le seul critère d'exclusion était celui de la langue d'écriture de l'article : les articles non rédigés en français ou en anglais étaient exclus de la revue

1.3 Stratégie de recherche

Les bases de données électroniques suivantes ont été consultées : Pubmed (de 1992 au 31 Juillet 2024), Cochrane, Scopus (1978 à 2024), Web of science (1975 à 2024) et les 50 premiers articles de Google Scholar

Les équations de recherches les plus exhaustives possibles ont été les suivantes : (tableau 1)

Tableau 1 : Équations de recherche en fonction des différentes bases de données

Base de données	Equation de recherche	Nb articles
<i>Pubmed</i>	((Obwegeser [Title/Abstract]) OR (Köle [Title/Abstract]) OR (Schuchardt [Title/Abstract]) OR (Lefort Osteotomy [MeSH Terms]) OR (Osteotomy, Sagittal Split Ramus [MeSH Terms])) AND ((Edentulous Mouth[MeSH Terms]) OR (Dental Prosthesis[MeSH Terms]))	146
<i>Cochrane</i>	((Osteotomy, Le Fort) OR (Osteotomy, Sagittal Split Ramus)) AND (Dental Prosthesis)"	2
<i>Scopus</i>	""lefort AND osteotomy"" OR ""BSSO"" AND ""dental AND prosthesis"" OR ""edentulous""	20
<i>Web of science</i>	(ALL=(lefort osteotomy) OR ALL=(Osteotomy, Sagittal Split Ramus)) AND (ALL=(Dental Prosthesis) OR ALL=(Edentulous Mouth))	17
<i>Google scholar</i>	orthognathic surgery and edentulous	50 premiers

Source : Auteur.

1.4 Sélection des articles

Après récupération des articles correspondant à l'équation de recherche sur les différentes bases de données et élimination des doublons, les articles ont été sélectionnés à partir de leur abstract par les deux examinatrices (AGDV et LF) de façon indépendante. Les critères de sélection d'un article à partir de l'abstract étaient les suivants : (a) article rédigé en langue française/anglaise ; (b) patients ayant subi une chirurgie orthognathique ; (c) réhabilitation prothétique orale (d) intervention clinique décrite ; La réponse « non » à l'un de ces critères entraînait la non-sélection de l'article pour la suite de la revue.

1.5 Formulaire de collecte des données

Après écriture du formulaire (par AGDV sur Excel) permettant la collecte des données (par LF et AGDV) chaque examinatrice a rempli le formulaire de façon binaire (1 = oui ; 0 = non) permettant une standardisation des conditions de recueil afin de s'affranchir d'un biais de mesure. Des items de rédaction plus libres permettaient aux examinatrices d'effectuer des remarques et commentaires spécifiques pour chaque article.

La première partie du formulaire concernait l'identification de l'article étudié : identification par initiales de la lectrice ; numéro de l'article (2 chiffres) ; validation des critères d'inclusion : *patient ayant subi une chirurgie orthognathique / réhabilitation prothétique orale / intervention clinique décrite* (oui/non) ; critère de non-inclusion : *article en français / anglais* (oui/non).

La deuxième partie du formulaire concernait les informations générales sur l'article : date de publication (année) ; pays (toutes lettres) ; base de données : *pubmed / cochrane /scopus/web of science/google scholar* (toutes lettres) ; le type de l'étude : *étude de cas / série de cas /étude pilote/revue de la littérature / revue systématique / méta-analyse / essai clinique randomisé / étude cohorte / étude cas-témoin* (toutes lettres)

La troisième partie du formulaire s'intéressait à la population de l'étude : patient atteint de pathologie génétique associée à un trouble de la morphogénèse bucco-dentaire ou trouble fonctionnel ; type de chirurgie orthognathique ; type de réhabilitation prothétique ; nombre de patients inclus dans l'article ; âge du/des patients.

La quatrième partie recherchait les objectifs de l'article, s'ils étaient identifiables : objectif principal (en toutes lettres) ; objectifs secondaires (en toutes lettres).

La cinquième partie portait sur les interventions cliniques décrites : recueil des données dans l'étude : *prospectif/rétrospectif/transversal* (en toute lettre) ; recul clinique (mois/NR) ; description des étapes du plan de traitement (oui/non) ; description des difficultés rencontrées par le praticien (oui/non) : *lesquelles* (en toutes lettres) ; analyse céphalométrique (oui/NR).

La sixième partie concernait les résultats tels que rapportés par les auteurs ; perspectives du patient : *amélioration de la qualité de vie / amélioration esthétique/amélioration fonctionnelle/inconfort ou gêne* ; détails sur les perspectives du patient (en toutes lettres) ; perspectives du praticien : *durée de traitement (années) recul clinique sur le traitement (années) / pérennité du traitement / échec du traitement / critères de succès prothétiques*

La dernière partie du formulaire était l'analyse du niveau de preuves en suivant les recommandations GRADE (83) avec attribution d'une note : qualité des preuves : 1 = élevé / 2 = modéré / 3 = bas / 4 = très bas ; présence d'un risque de biais : -1 = sérieux / -2 = très sérieux ; imprécision de l'étude : -1 = sérieux / -2 = très sérieux ; incohérence des résultats : -1 = sérieux / -2 = très sérieux ; preuves de la véracité des résultats insuffisantes : 1 = sérieux, 2 = très sérieux ; effets plan de traitement pour le patient : 0 = non renseigné / +1 = importants / +2 = très importants ; améliorations liées au traitement : 0 = non renseigné / +1 = oui.

1.6 Analyse des données

Une fois tous les articles étudiés, l'extraction des données a été réalisée sous forme d'un tableau de données sur le logiciel Excel permettant l'analyse statistique et qualitative. La quantification du risque de biais était réalisée à l'aide des critères GRADE. Compte-tenu du grand nombre de rapports de cas et séries de cas, la classification GRADE ne permettait pas de discriminer la qualité des rapports de cas les uns des autres. Aussi, nous avons analysé la qualité de tous les rapports de cas et séries de cas à l'aide de l'échelle de Pierson, Bradford Hills et Ottawa Newcastle modifiée adaptée aux revues systématiques faites à partir de rapports/séries de cas (84). L'évaluation de la qualité de chaque article a été réalisée comme suit :

(1) « Le(s) patient(s) représente(nt) l'ensemble de l'expérience de l'investigateur (du centre) ou la méthode de sélection n'est-elle pas claire au point que d'autres patients présentant une présentation similaire pourraient ne pas avoir été signalés ? ».

La majeure partie des cas étudiés étant des études de cas, il sera considéré par défaut que les patients de l'étude de cas étaient les seuls présentant cette situation clinique et la réponse sera donc « oui ». Pour les séries de cas et l'étude pilote, si au moins un des cas ne correspond pas à notre étude la réponse sera « non ».

(2) « L'exposition a-t-elle été correctement vérifiée ? »

Pour cette vérification nous avons considéré que tous les patients ayant bénéficié d'une réhabilitation prothétique définitive à la suite de la chirurgie orthognathique la réponse sera « oui », pour ceux dont au moins une partie de l'étude n'a pas été réhabilité ou pour lesquels ce n'est pas précisé la réponse sera « non ».

(3) « Le résultat a-t-il été adéquatement vérifié ? »

Les articles ne décrivant pas l'occlusion post-opératoire et ne montrant pas de photo post-opératoire seront considérés comme « non ».

(4) « D'autres causes alternatives pouvant expliquer l'observation ont-elles été écartées ? » (5)

« Y a-t-il eu un phénomène de challenge/ rechallenge ? » (6) « Y avait-il un effet dose- réponse ? »

Ces points concernaient des études avec des traitements médicamenteux, non pertinent dans le cadre de notre étude.

(7) « Le suivi a-t-il été suffisamment long pour que les résultats se produisent ? »

En soit il n'y a pas de délais fixe de suivi une fois que la chirurgie orthognathique a été réalisée et que les prothèses au moins provisoires sont réalisées le résultat est stable. Ainsi, par défaut la réponse sera « oui » dans cette catégorie car le post-opératoire est un résultat suffisant si au moins une réhabilitation prothétique provisoire est en place.

(8) « Le(s) cas est-il(sont) décrit(s) avec suffisamment de détails pour permettre à d'autres chercheurs de reproduire la recherche ou pour permettre aux praticiens de faire des déductions liées à leur propre pratique ? »

Lorsque la simulation de la chirurgie avec la prothèse n'aura pas été décrite avec suffisamment de détails écrits ou de photos pour pouvoir être reproduite par un praticien la réponse était « non ». Quand les supports visuels ou écrits étaient suffisamment détaillés pour avoir en main toutes les clefs de réalisation la réponse était « oui »

Qualité de l'étude

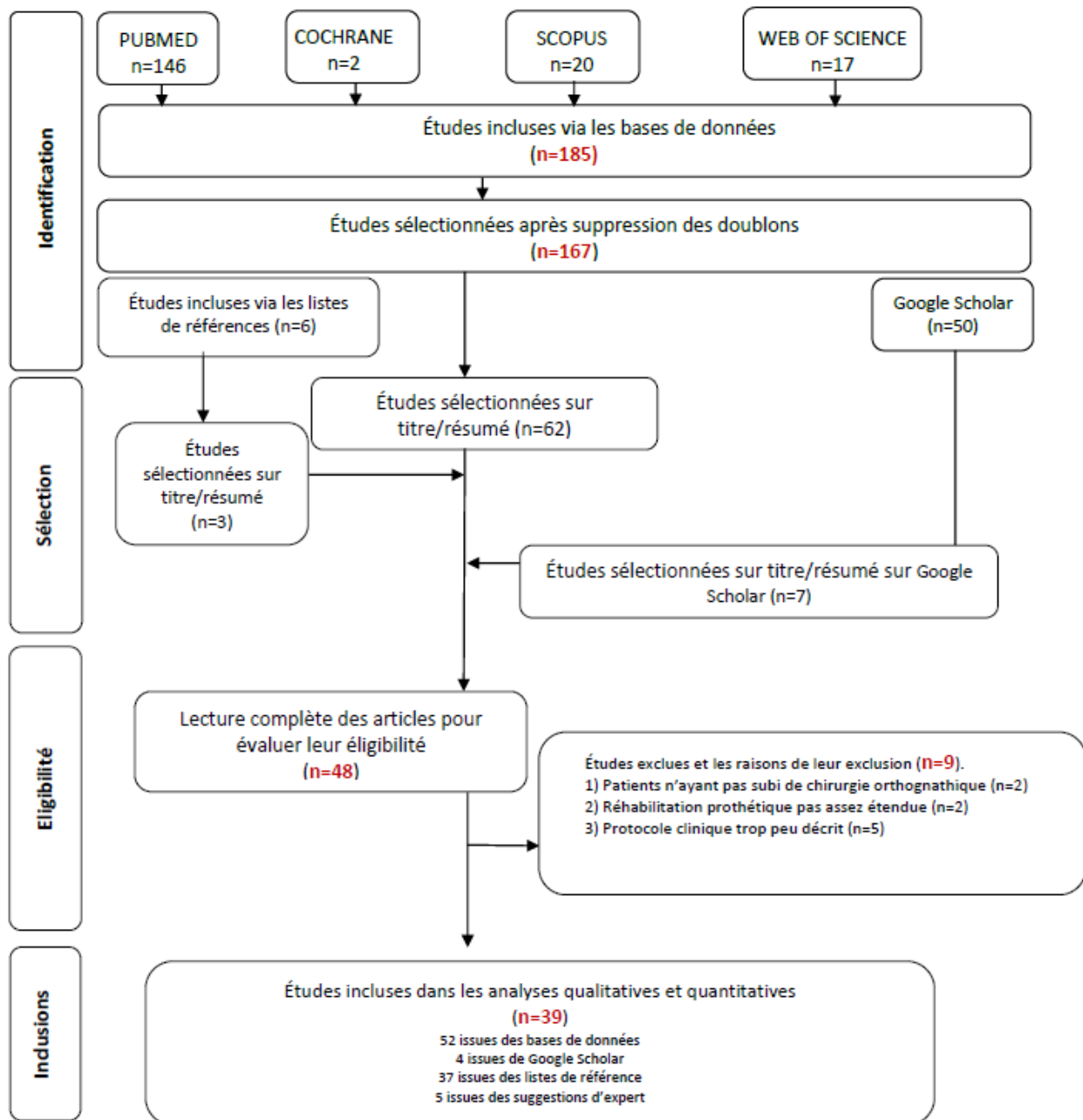
Enfin nous avons pu réaliser une évaluation finale de la qualité du rapport/étude de cas ou série de cas en portant un jugement global sur la méthodologie de l'article ainsi que sa pertinence par rapport au sujet. Nous avons défini 3 niveaux de qualité : bonne sur que des réponses « oui », moyenne si au moins une réponse « non » et mauvaise si plusieurs réponses « non » pour un seul article.

2 : Résultats

2.1 Diagramme de flux

Les stratégies de recherche utilisées ont permis d'identifier un total de 180 références : 73 articles ont été recherchés pour analyse après lecture des titres et résumés, puis après lecture des textes complets, 48 ont été retrouvés pour évaluer leur éligibilité et 39 études répondaient aux critères d'inclusion et ont été sélectionnées pour la revue (cf. figure X). Parmi ces 39 articles, 34 étaient des études de cas et 5 étaient des séries de cas. L'objectif de ce travail étant d'étudier le niveau de preuves des articles sélectionnés, nous savions dès le résultat de la recherche que le niveau de preuve était faible, cependant la qualité des articles a tout de même été analysée.

Figure 24 : Diagramme de flux



Source : Auteur.

2.2 Caractéristique générale des articles sélectionnés

Les caractéristiques des études de cas et séries de cas sont sélectionnées dans le tableau 1.

Cette revue systématique analyse les données sur 102 patients issus de 5 séries de cas et de 34 études de cas avec un recueil de données rétrospectif pour tous les articles. Le nombre moyen de patients par article était 2,6 patients avec la plus large des séries de cas qui en présentait 20. L'âge moyen des patients était de 37,94 ans les plus jeunes ayant 15 ans au moment de la chirurgie orthognathique (cas de Van Sickel 2010 et Al Ibrahim 2012) et le plus âgé 81 ans (De Santi, 2011).

L'étude d'Hoppenreijns et al 1998 était la seule à avoir un groupe contrôle (incluant 287 patients et non décrit dans l'article mais avait fait l'objet d'une précédente étude) et s'intéressait à la stabilité post-opératoire de ce genre de traitement chez le patient atteint d'amélogénèse imparfaite (AI) par rapport à des patients sans pathologies ni réhabilitation prothétiques associées.

La majorité des chirurgies effectuées étaient des avancées maxillaires de LeFort 1 qui servaient à compenser une atrophie maxillaire importante associée à une classe III et permettre la pose d'implants per ou post-opératoire. En conséquent les réhabilitations prothétiques étaient majoritairement implanto-portées avec cependant une prédominance des réhabilitation dento-portées pour les patients atteints d'amélogénèse imparfaite.

On constate également une forte prévalence de pathologies génétiques, en effet sur les 102 patients étudiés 18 étaient atteints d'une maladie rare (dysplasie ectodermique, fente palatine, amélogénèse imparfaite, ostéogénèse imparfaite, syndrome d'Hallerman Streiff, syndrome lacrymo-auriculo-dento-digita, oligodontie isolé) et 4 était atteint de SAHOS.

De plus, on note une forte diversité des pays publieurs : en effet sur les 39 articles il y avait 19 pays représentés étalés sur 5 continents.

Tableau 2 : Caractéristiques générales des articles sélectionnés

Identification article	Type d'étude/recueil	No. patient inclus	Age moyen	Pathologie associée ?	Type de chirurgie orthognathique	Type de prothèses	Rehabilitation	Analyses cephalométrique	Crénes de succès prothétiques	Recul clinique (an)
J.P.T.F. Ho et al., 2020	Etude pilote	4	55,7 (48-62)	SAHOS	Lefort 1 BSSO	NR final mais PAC en initial	NR	NR	Esthétique	NR
J.E. Vassilakidis et al., 2010	Etude de cas	1	15	DEA	Lefort 1	Coronnes, dents-portées et implants-portées	NR	NR	Esthétique et mastication	NR
Pieri et al., 2012	Série de cas	6	57,6 (48-68)	NON	Lefort 1 + Greffe	Prothèses fixes implants-portés	NR	NR	Phonétique, mastication, esthétique	2
R.A. Depprich, 2007	Etude de cas	1	46	Fente palatine	Lefort 1	Complet implants-portés mais NR détail	NR	NR	NR	NR
Asaydin, 2014	Etude de cas	1	17	AI	Lefort 1 + distraction transversale maxillaire	Bridge implants-portés	OUI (calcul ANB)	NR	Phonétique, esthétique, mastication	NR
C. Marchetti et al., 2009	Etude de cas	1	59	NON	Lefort 1	Bridge implants-portés	NR	NR	NR	1,6
W. Olada et al., 2012	Etude de cas	1	21	Fente palatine bilatérale	Distraction transversale maxillaire + Lefort 1 + BSSO	Prothèse télescopique sur piliers coniques supra-dentaires	OUI + superposition	NR	Esthétique, mastication, phonation	4
T.J. Hoppenreijs et al., 1998	Etude comparative	15	24 (18,5-40,2)	AI	Lefort 1 d'impaction et segmentaire, BSSO + Génio-plaquette	Prothèses fixes dents-portées	OUI + superpositions	NR	Stabilité du traitement	5,1 (2-7,7)
Adhy et al., 2012	Etude de cas	1	32		Lefort 1	Prothèse amovible complète	OUI + superposition	NR	Occlusion, confort fonctionnel et esthétique	0,5
C. Millier et al., 2013	Etude de cas	1	16	IA	Lefort 1 fractionné + BSSO d'avancée + Génio-plaquette	Prothèse fixes dents-portées	NR	NR	Esthétique et la mastication	5
D. De Santis et al., 2011	Série de cas	20	58,9 (43-81)	NON	Lefort 1	Bridge implants-portés	OUI	NR	Contour visage, esthétique et fonctionnel	5 (4-6)
Pektas et al., 2014	Etude de cas	1	50	NON	Lefort 1	PAP Overdenture sur coins	OUI (Tweed)	NR	Soutient labial, esthétique et fonctionnel	6
T. Binger et al., 2006	Etude de cas	1	32	OI	Distraction transversale maxillaire	Barre-contrebarre	NR	NR	Occlusion, stabilité du résultat	4
M. Dhima et al., 2013	Etude de cas	1	69	NON	BSSO avancée	PAC maxillaire et bridge implants-portés mandibulaire	NR	NR	Relations dento-alvéolaires squelettiques, la fonction et l'esthétique	0,4
J.N. Gili, 2008	Etude de cas	1	NR	NON	Lefort 1	Bridge complet implants-portés	NR	NR	NR	NR
Ribeiro-Junior et al., 2009	Etude de cas	1	40	NON	Lefort 1 + greffe	Bridge complet implants-portés	OUI	NR	NR	3
V. Güler et al., 2010	Etude de cas	1	18	AI	Le Fort 1 + Génio-plaquette	Prothèse fixes dents-portées	OUI	NR	Esthétique, stabilité, non décollage des pièces	2
Ahlorahim et al., 2012	Etude de cas	1	15	DEA	Le Fort 1 + Génio-plaquette	Prothèse fixes dents-portées et implants-portés	NR	NR	Esthétique et fonctionnelle	1
B.J. Abadi et al., 2009	Etude de cas	1	19	Syndrôme Hallermann-Streiff	Expansion maxillaire + Lefort 1 impaction	Prothèse fixes implants-portées	NR	NR	NR	1
B.K. Soneti et al., 2015	Etude de cas	2	33,5 (28-39)	NON	BSSO Recul mandibulaire Lefort 1	NR final	OUI	NR	NR	NR
D. Campbell et al., 2010	Etude de cas	1	22	LADD syndrome	Lefort 1 + BSSO recul mandibulaire	NR final	NR	NR	NR	NR
Ellis II et al., 2007	Etude de cas	2	66 (65-67)	NON	Lefort 1 + greffe	Bridge complet implants-portés	NR	NR	Soutient labial, visibilité genou et longueur des dents	NR
Jensen et al., 2004	Etude de cas	2	46,5 (36-57)	NON	Lefort 1	Bridge complet implants-portés	NR	NR	NR	4, NR
D.M. Smith et al., 2000	Etude de cas	3	43,6 (37-50)	NON	Le Fort 1 par distraction différentielle et agrément	Prothèse fixes implants-portés	NR	NR	Esthétique et espace prothétique	NR
Demes et al., 2023	Etude de cas	1	17	Oligodontie	Lefort X mm + greffe mand implants 6m après	Bridge implants-portés	NR	NR	l'esthétique, la fonction masticatoire et phonatoire, état psychologique	5 ans
F. Grecchi et al., 2021	Série de cas	8	57 (29 à 64)	1 dysplasie ectodermique	Le Fort 1	Bridge complet implants-portés	OUI et 3D	NR	Esthétique améliorée, reste non précisé	38,5 mois en moyenne
Labidi et al., 2020	Etude de cas	1	22	AI	Orthotonie Lefort 1 7mm	Bridge complet dents-portés	OUI	NR	Confort ATN et mucoles	3 ans
A. Khojasteh et al., 2015	Etude de cas	1	64	BAS	Lefort 1 8mm BSSO recul 6mm	Bridge complet implants-portés	NR	NR	Non précisé	1 an
J. Lopes et al., 2015	Etude de cas	1	43	Fente unilatérale de la lèvre et du palais	Non précisé mais a priori maxillo-mandibulaire	Bridge complet implants-portés	NR	NR	Esthétique et fonction	2 ans
Sadat et al., 2012	Etude de cas	1	22	Améliorée imparfaite	Lefort 1 (2mm rotation, 5 avancées) BSSO (recul 7mm)	PAC	OUI	NR	NR	NR
Meindes et al., 2019	Etude de cas	1	38		Lefort de X mm	Bridge complet implants-portés	OUI	NR	Esthétique, fonction, la biomécanique, le maintien de l'hygiène, avis patient	54 mois
Normazali et al., 2023	Etude de cas	1	49		BSSO recul 8 et 4 mm	Bridge partie implants-portés	OUI, superposition	NR	Améliorer la position de la mandibule pour générer une occlusion stable	3 ans
Almud et al., 2022	Etude de cas	1	23		BSSO	Bridge complet implants-portés	OUI	NR	Esthétique, masticatoire, phonétique	7 ans
Weiler et al., 2013	Etude de cas	1	50		Lefort 1 d'avancée maxillaire 7mm	Bridge complet implants-portés	NR	NR	Amélioration fonctionnelle et esthétique	NR
Ashadi et al., 2018	Etude de cas	1	22	Améliorée imparfaite	BSSO (recul 7mm) et Lefort 1 (rotation 2mm, avancée 5mm)	Bridge complet dents-portés	OUI	NR	Patient satisfait, esthétique et fonctionnel	6 ans
Isaksson et al., 1993 (1)	Série de cas	12	56 (de 41 à 71)		Le Fort 1 + greffe	6 bridges implants-portés et 4 bridges implants-retenus	NR	NR	Esthétique, mastication, phonétique	1 à 2 ans
M.P. Castro, 2013	Etude de cas	1	27	Dysplasie ectodermique	Le Fort 1 + greffe	Bridge complet implants-portés	NR	NR	Patient satisfait, meilleure estime de soi, a arrêté de manger exclusivement liquides	2
C.M. Alvarez, 1987	Etude de cas	1	59	SAHOS	Avancée mandibulaire 5mm et génio-plaquette de 7mm	PAC maxillo-mandibulaire	OUI	NR	Esthétique, moins de somnolence et ronflements	3 mois

Source : Auteur.

2.3 Synthèse des données recueillies

La synthèse des variables étudiées regroupe les données de l'ensemble des articles. Cependant, elle présente un léger biais pour 2 articles, en effet l'article d'Arschad et al 2018 est la suite de l'article de Siadat et al 2012. Cependant les deux articles correspondent aux critères de sélection, Arschad et al décrivant la réalisation de la prothèse définitive et faisant des rappels sur l'étape chirurgicale, ils ont été considérés comme 2 cas distincts dans le cadre de cette étude.

L'ensemble des 39 articles analysés regroupaient un total de 136 chirurgies orthognathiques sur 102 patients dont certains subissaient jusqu'à 3 chirurgies en même temps (LeFort 1, BSSO et génioplastie). La majorité des chirurgies réalisées étaient des chirurgies d'avancée maxillaire de Lefort 1 (70,58%) suivie des BSSO (13,9%) puis des génioplasties (12,5%) et enfin des distractions transversales (1,4%). La majorité des ostéotomies de LeFort 1 (77%) ne précisait pas si elles étaient uni, bi ou tri-partiques. Les BSSO présentaient une proportion relativement proche d'avancée (36%) et de recul (47%).

101 réhabilitations prothétiques ont été décrites sur ces 102 patients. Ce chiffre ne prend pas en compte la réhabilitation de l'arcade antagoniste lors des chirurgies qui ne traitaient d'un seul maxillaire, ni des réhabilitations qui n'ont pas été décrites assez précisément. Il présente un nombre inférieur de réhabilitation par rapport au nombre de chirurgies car la série de cas de Hoppenreijns et al ne décrit des réhabilitations prothétiques que pour 10 de ses 15 patients. Au sein de ces 101 réhabilitations, la majeure partie étaient implanto-portées (56,46%) dont 95% d'entre elles étaient des bridges complets sur implants, suivi par les réhabilitations complètes dento-portées (19,08%) qui étaient présentes dans les cas syndromiques comme l'amélogénèse imparfaite ou la dysplasie ectodermique, et en troisième position les prothèses amovibles complètes sur muqueuse ou en overdenture. Enfin, en dernière position les prothèses amovibles implanto-retenues (5,9%) à cause d'un porte-à-faux trop important pour du fixé sur implant ou du manque de budget du patient.

Le point d'intérêt de ce travail, l'utilisation d'une prothèse comme guide chirurgical, a été utilisé dans 27 articles sur les 39, les autres ne précisant pas ou se contentant de maquettes d'occlusion. Au sein de ces 27 planifications prothético-chirurgicales, seulement 2 (Ho et al, 2020 et Grecchi et al 2021) ont réalisé une planification numérique de la prothèse et de la chirurgie. De plus, seul 17 articles sur 39 évoquaient au moins une valeur d'analyse céphalométrique ou ont inclus une superposition céphalométrique pré-opératoire/post-opératoire. Les autres ont simplement affiché une téléradiographie de profil sans évoquer la céphalométrie, le type d'analyse ou les angles.

La durée de traitement des plans de traitement a été décrit pour 23 des 39 articles avec une moyenne de 1,6 ans. Cependant ce résultat est biaisé car les plans de traitement traitant d'une atrophie maxillaire chez l'édenté complet nécessitent juste le temps d'ostéo-intégration des implants (entre 3 à 6 mois) pour finir le traitement alors que les cas de maladie rare chez le jeune adulte combiné à un traitement orthodontique peuvent durer jusqu'à 8 ans comme dans le cas de Millet et al, 2013.

Le recul clinique des auteurs sur les cas était en moyenne de 3,16 ans avec cependant 11 articles qui ne précisaient pas leur suivi. Le suivi le plus court était de 4 mois et le plus long de 7 ans.

Tableau 3 : Synthèse des données

Variables	Résultats	
Nombre totales de chirurgies (en nombre et en %)	136	(100,00)
Mandibulaires	36	(26,47)
BSSO avancée	7	(5,15)
BSSO recul	9	(6,62)
BSSO non précisé	3	(2,21)
Génioplastie	17	(12,50)
Maxillaire	98	(72,06)
Lefort 1 non précisé	74	(54,41)
Lefort 1 par distraction sagittal	3	(2,21)
Lefort 1 segmenté	16	(11,76)
Lefort 1 d'impaction	3	(2,21)
Distraction transversale	2	(1,47)
NR	2	(1,47)
Nombre total de réhabilitations prothétiques (en nombre et en %)	105	(100,00)
Amovible	15	(14,29)
Prothèse amovible en overdenture	2	(1,90)
Prothèse amovible complète	13	(12,38)
Implanto-prothétique	66	(62,86)
Prothèse complète implanto-retenue	6	(5,71)
Bridge complet implanto-porté	57	(54,29)
Réhabilitation partielle implanto-porté	3	(2,86)
Conjointe	20	(19,05)
Réhabilitation complète dento-porté	16	(15,24)
Réhabilitation partielle dento-porté	4	(3,81)
NR	4	(3,81)
Projet prothético-chirurgical guidant la chirurgie (par article et en %)	27/39	(69,23)
Manuel	25	(64,10)
Numérique	2	(5,13)
Analyse céphalométrique (en article et en %)	17/39	(43,59)
Durée moyenne de traitement en mois (min-max)	19,22	(4-96)
Patients atteints de pathologies	21	(100,00)
Pathologies génétiques rares	17	(80,95)
Dysplasie ectodermique	1	(4,76)
Fente palatine	3	(14,29)
Amélogénèse imparfaite	6	(28,57)
Ostéogénèse imparfaite	1	(4,76)
Dysplasie Ectodermique	3	(14,29)
Hallerman Streiff Syndrome	1	(4,76)
LADD Syndrome	1	(4,76)
Oligodontie	1	(4,76)
SAHOS	4	(19,05)
Recul clinique en années (min-max)	3,13	(0,3-7)

Source : Auteur.

2.4 Analyse du niveau de preuve et de la qualité des articles

Le niveau de preuve des 39 études/séries de cas, scorés par GRADE se sont tous retrouvés négatifs car possédaient un niveau de preuve très faible et présentent un biais de publication élevé car seuls les cas réussis sont publiés dans la littérature (à relativiser dans les séries de cas qui présentaient parfois un échec relatif), de plus les données sont rétrospectives ce qui implique un biais de mesure. Enfin, avec une moyenne de 2,6 patients par article le nombre de patient par publication induit également des imprécisions. Etant donné l'échec de l'analyse GRADE pour distinguer la qualité de ces études de cas/séries de cas, l'échelle de Pierson, Bradford Hills et Ottawa Newcastle modifiée a été utilisée afin d'évaluer la qualité de ces articles (84).

Paradoxalement, les séries de cas n'ont pas présenté une qualité meilleure que les autres articles, en effet seule celle de Grecchi et al (81) a été de bonne qualité, alors que 3 étaient moyennes (Pieri et al, Hoppenreijts et al, Isaksson et al) car le protocole clinique n'était soit pas assez décrit pour permettre de reproduire l'expérience, soit il était mal vérifié à la fin. Enfin, l'étude de De Santi étant concentrée sur la prise en charge des patients atteints d'amélogénèse imparfaite, elle ne détaillait pas assez les points d'intérêt et une partie de ses patients ne portaient pas de réhabilitations prothétiques à la fin. Au contraire, 20 des 33 études de cas (11,12,15,21,26,54,85–96) présentaient une excellente qualité car étaient centrées sur un seul patient elles décrivaient correctement le pré-opératoire, le post-opératoire ainsi que le protocole d'élaboration du projet prothético-chirurgical et notamment la contention immédiate post-chirurgicale. Seules deux d'entre elles ont été considérées comme de mauvaise qualité (24,53).

Les dates de publication courent de 1987 à 2023 et n'ont pas forcément une incidence sur la qualité des articles.

Tableau 4 : Niveau de preuve selon l'échelle de Pierson, Bradford-Hillset Ottawa Newcastle modifiée

ID	Sélection	Vérification		Causalité			7	Rapport	Qualité
	1	2	3	4	5	6	Le suivi a-t-il été suffisamment long pour que les résultats se produisent ?	ils ont décrit(s) avec suffisamment de détails pour permettre à d'autres chercheurs de reproduire la recherche ou pour permettre aux praticiens de faire des déductions liées à leur propre pratique ?	
Ho et al, 2020	Le(s) patient(s) représenté(nt) l'ensemble de l'expérience de l'investigateur (du centre) ou la méthode de sélection n'est-elle pas claire au point que d'autres patients présentant une présentation similaire pourraient ne pas avoir été signalés ?	L'exposition a-t-elle été correctement vérifiée ?	Le résultat a-t-il été adéquatement vérifié ?	D'autres causes alternatives pouvant expliquer l'observation ont-elle été écartées ?	Y a-t-il eu un phénomène de challenge/ rechallenge ?	Y avait-il un effet dose- réponse ?	oui	oui	Moyenne
Van Sickle et al, 2010	oui	non	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Pieri et al, 2012	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
Depprich et al, 2007	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Apaydin et al, 2014	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Marchetti et al, 2009	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Okada et al, 2012	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Hoppeneijls et al, 19	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
Ashy et al, 2013	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Millet et al, 2013	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
De Santis et al, 2011	non	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Mauvaise
Pektas et al, 2013	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Binder et al, 2006	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
Drina et al, 2013	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Gil et al, 2008	oui	oui	non	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Moyenne
Ribeiro Junior et al, 2009	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Albrahim et al, 2012	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Abadi et al, 2009	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Soneij et al, 2015	oui	non	non	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Mauvaise
Campbell et al, 2010	oui	non	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Moyenne
Ellis et McFadden, 2007	non	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Moyenne
Jensen et al, 2004	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Smith et al, 2000	non	oui	non	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Mauvaise
Demes et al, 2023	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
F. Grecchi et al,	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Labidi et al, 2020	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
A. Kholasteh et al, 2015	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Mauvaise
J. Lopes et al, 2015	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Moyenne
Siadat et al, 2012	oui	non	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Mendes et al, 2019	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Numazaki et al, 2023	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Moyenne
Almad et al, 2022	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
Weller et al, 2013	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Bonne
Arshad et al, 2018	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
Kämmerer et al, 2020	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
Isaksson et al, 1993	oui	non	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	oui	Moyenne
M.P. Castro, 2013	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne
C.M. Alvarez, 1987	oui	oui	oui	Non pertinent	Non pertinent	Non pertinent	oui	non	Moyenne

Source : Auteur.

3 : Discussion

3.1 Discussion des résultats

Un des principaux biais de cette revue systématique est le biais d'inclusion que présentent certains cas d'amélogénèse imparfaite. En effet, même s'ils présentent, comme demandé lors des critères d'inclusion, une chirurgie orthognathique et une réhabilitation prothétique de grande envergure, on ne peut pas les considérer comme « édentés de grande envergure » ; car les cas de certains articles (22,88,92,97) présentaient une formule dentaire complète ou presque. Cette constatation peut, en effet, remettre en question les critères d'exclusion.

Cependant, il a été choisi de conserver ces cas car le projet prothétique conséquent possédait finalement les mêmes problématiques que les patients ayant déjà des implants qu'il fallait adapter à la situation post-orthognathique, et les dents résiduelles ont été traitées avant tout comme des ancrages radiculaires étant donné leur altération. Ce constat est notamment bien démontré dans la prise en charge de Labidi et al (92) qui, après avoir évalué une DV convenable ont réalisé un projet chirurgical en overdenture, avant de réaliser un projet prothétique post-orthognathique en se basant sur les ancrages imposés par les dents présentes.

Figure 25 : Séquence de traitement selon Labidi et al



Source : Labidi et al, « Amelogenesis imperfecta with Class III malocclusion, reduced crown size and decreased OVD: A multi-disciplinary management and a 5-year follow-up », 2020.

Ce parti a été pris d'un point de vue prothétique, étant donné que les contraintes d'axe, de milieu et de matériaux seront à prendre en charge de manière semblable dans des cas comme celui-ci, ou dans des cas comme celui de Kämmerer et al (82) qui cherchent à exploiter des implants posés préalablement, qui sont dans une situation pré-orthognathique inexploitable afin de réaliser une prothèse implantaire transvissée de manière pérenne en classe I.

Ainsi, on constate dans ces articles que les objectifs principaux divergent et peuvent être rangés en 3 catégories :

- Les plans de traitement pluridisciplinaires, incluant chirurgie, prothèse plus ou moins orthodontie (22,47,68,79,85,87–93,95,96,98) dont on constate une prévalence importante des cas concernant les maladies rares.
- Les prise en charges de maxillaire atrophique et, dans la plupart des cas, dans le cadre d'un traitement implantaire qui aurait nécessité, sinon, une greffe trop volumineuse pour être prédictible et ayant plus de chances de se résorber qu'une chirurgie de LeFort associée à une greffe iliaque (1,12,21,53–55,81,94,99–101).
- Les prise en charge de classe III, chez l'édenté complet ou partiel (11,15,19,26,46,70,82,86,102).

A ces trois objectifs récurrents dans les prises en charge s'ajoutent : l'évaluation de la précision et la prévisibilité d'un protocole sans contention (64), la stabilité post-opératoire dans les cas d'AI (97) ou sans pathologie (24) et enfin la diminution d'un SAHOS (68). Outre ces objectifs qui sont ceux des praticiens, les objectifs des patients étaient de récupérer une esthétique plus convenable et d'améliorer leurs fonctions et notamment la fonction masticatoire, ce qui a été le cas dans chacun des cas traités pour lesquels le sujet du confort du patient a été abordé.

Nous pourrions alors pousser l'analyse plus précisément et définir trois groupes de patients : les atrophies maxillaires, les classes III et les prises en charge pluridisciplinaires.

De manière générale, les articles qui contenaient les détails les plus intéressants afin de répondre à notre objectif principal étaient les articles de la première catégorie car la prise en charge prothétique relevait une importance aussi importante que la chirurgie, et donc développaient la méthodologie de fabrication des prothèses guide et de vérification pré-opératoire. C'est également la catégorie qui contenait le plus d'articles qui frôlaient l'exclusion avec notamment dans certains cas presque trop de dents pour être considérés comme édentés de grande envergure. Pour ces cas-là la décision d'inclusion ou d'exclusion après lecture a été prise en fonction de la perte de calage postérieur, de l'étendue des restaurations prothétiques et de la place du projet prothétique dans la prise en charge globale.

Enfin, un dernier élément que nous pouvons apporter à cette discussion est qu'au sein des articles de bonne qualité, certains restent quand même plus explicites et donc dans l'objectif de notre revue systématique plus utiles que d'autres dans le partage des méthodes de planification chirurgico-prothétiques avec notamment la prévisualisation sur un articulateur du projet prothétique guidant la chirurgie. (11,54,70,81,86,88,90,92–96) Okada Ashy Ribeiro Gisler Abadi Jensen Grecchi, Labidi, Lopes, Mendes, Numazaki, Wellar. Par ailleurs, seule l'étude d'Isaksson et al (1) décrit de vrais critères de succès prothétique avec une EVA en fin de traitement permettant de prendre en compte l'avis du

patient. Cette constatation est surprenante étant donné que, même si le motif de consultation initiale des patients est peu évoqué, nous pouvons supposer qu'ils venaient à l'origine au sein des services afin de recevoir une réhabilitation prothétique. Ainsi, il est décevant de constater la faible place de la prothèse et de sa réalisation au sein de ces articles.

3.2 Limites et perspectives

En effet, étant donné que l'objet de notre recherche est la planification prothético-chirurgicale, et que la majorité des articles (25 parmi les 39) ont été publiés dans des journaux axés sur la chirurgie maxillo-faciale ou l'implantologie, ce biais de publication a plus de chance d'induire un manque d'intérêt sur la planification au profit de la pérennité implantaire. Seulement deux des articles, celui d'Ashy et al (70) et celui de Pektas et al (87) ont été publiés dans des journaux orientés sur la réhabilitation prothétique.

Une autre des questions qui n'a pas été posée dans les articles était la suivante : « chez les édentements complets, quelle est l'étiologie de la perte de dents ? » Aucun des articles traitant des cas d'atrophie du maxillaire n'a questionné sur l'étiologie de la perte des dents, et pourtant tous ont posé des implants sur ces patients et ont réalisé quand cela était possible un bridge complet transvissé. Le manque d'hygiène bucco-dentaire étant la première cause de perte de dent, mais également la première cause de péri-implantite la pertinence de la pose d'un complet supra-implantaire dans ces cas-là est discutable, surtout pour les cas (53,100) qui ne précisent même pas un suivi post-prothétique péri-implantaire et de l'hygiène.

A l'issue de cette revue systématique de la littérature portant sur une cohorte de 102 patients, nous pouvons répondre à notre question de recherche initiale car si unitairement chaque étude de cas/étude de cohorte ne possède pas un niveau de preuve assez élevé, l'ensemble permet d'avoir un échantillon représentatif des méthodologies de prise en charge des patients combinant chirurgie orthognathique et réhabilitation prothétique avec les difficultés de prise en charge et la fiabilité de la planification par rapport au résultat final. De plus, si aucune supériorité méthodologique dans la planification ne peut être mise en exergue, on constate tout de même que les cas traités en un temps opératoire (chirurgie orthognathique dans le même temps que la pose d'implants) présentent un échec implantaire et des difficultés prothétiques plus importantes selon certains auteurs (1) que les cas gérés en deux temps opératoires (6,103).

Conclusion

À travers l'analyse de ces différents cas cliniques, il apparaît clairement que chaque équipe adopte sa propre approche, sans qu'une méthode ne se distingue comme supérieure entre celles privilégiant la prothèse en premier ou la chirurgie en premier. Étant donné que l'objectif ultime du traitement est la réhabilitation prothétique définitive, il semble plus judicieux de commencer par planifier la position idéale de celle-ci, comme le propose Benoit Philippe (18), plutôt que de débiter par la planification de la chirurgie, comme le préconisent Grecchi et al. (81). Toutefois, ce choix peut également être influencé par la spécialité du praticien : en effet, les chirurgiens auront tendance à prioriser la planification chirurgicale, tandis que ceux ayant suivi un cursus d'odontologie, seul ou en complément d'une formation chirurgicale (à l'instar de Benoit Philippe), mettront davantage l'accent sur la planification prothétique.

Par ailleurs, bien que l'intégration d'un ingénieur biomédical dans l'équipe de planification prothético-chirurgicale, notamment pour les chirurgies planifiées numériquement, ajoute une complexité supplémentaire et peut retarder les plans de traitement en compliquant la communication, cette inclusion présente l'avantage de ne pas être influencée par les biais propres à la chirurgie ou à la prothèse. De plus, il a été démontré que les chirurgies guidées et l'utilisation de miniplaques préformées permettent d'obtenir un résultat plus fidèle à la planification, en comparaison avec les chirurgies non guidées (18,37,64,81). L'importance du numérique dans ces plans de traitement longs et complexes est donc cruciale, car il contribue à réduire les risques d'erreurs.

Idéalement, un logiciel intégrant les fonctionnalités suivantes serait nécessaire :

- La conception du projet prothétique, comme Exocad®
- La planification du projet chirurgical, comme Proplan®
- La céphalométrie orthognathique, comme DelaireEvolution®
- La céphalométrie prothétique, comme CADO®
- La planification des tissus mous et de leur soutien post-opératoire, comme VSP IPS CaseDesigner®, incluant idéalement une simulation combinée du soutien labial prothétique et post-chirurgical

Bien que certains logiciels, tels que Simplant®, combinent déjà plusieurs de ces fonctionnalités, aucun ne regroupe actuellement l'ensemble des éléments nécessaires pour offrir une prise en charge optimale au patient. Un tel logiciel permettrait, entre autres, de montrer au patient une simulation 3D

du projet final, un atout majeur pour sa motivation, similaire au digital smile design utilisé dans les réhabilitations prothétiques.

Ce logiciel idéal devrait ensuite être ajusté en fonction de l'ethnie, de l'âge du patient, ainsi que des maladies rares, afin de respecter l'individualité de chaque cas.

Bibliographie

1. Isaksson S, Ekfeldt A, Alberius P, Blomqvist JE. Early results from reconstruction of severely atrophic (class VI) maxillas by immediate. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1993 ;22(3):144-8.
2. Daïeff CY. «Histoire de la stomatologie et chirurgie maxillo-faciale en France» [Internet]. 2006 [cité 4 janv 2024]. Disponible sur: http://www.collegesto.com/index.php/fr/stomatologie/97-la-stomatologie/84-histoire-de-la-stomatologie-et-de-la-chirurgie-maxillo-faciale*
3. Goudot P, Canal P, éditeurs. *Dysmorphies maxillo-mandibulaires*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson ; 2012. XI-162 p.
4. Aziz SR, Simon P, Hullihen and the origin of orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004;62(10):1303-7.
5. Buchanan EP, Hyman CH. LeFort I Osteotomy. *Semin Plast Surg*. 2013;27(3):149-54.
6. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1988;17(4):232-6.
7. Keller EE, Van Roekel NB, Desjardins RP, Tolman DE. Prosthetic-surgical reconstruction of the severely resorbed maxilla with iliac bone grafting and tissue-integrated prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1987;2(3):155-65.
8. Bell WH, Buche WA, Kennedy JW, Ampil JP. Surgical correction of the atrophic alveolar ridge. A preliminary report on a new concept of treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1977;43(4):485-98.
9. Chiapasco M, Brusati R, Ronchi P. Le Fort I osteotomy with interpositional bone grafts and delayed oral implants for the rehabilitation of extremely atrophied maxillae : a 1–9-year clinical follow-up study on humans. *Clin Oral Implants Res*. 2007;18(1):74-85.
10. Sailer HF. A new method of inserting endosseous implants in totally atrophic maxillae. *J Craniomaxillofac Surg*. 1989;17(7):299-305.
11. Jensen OT, Leopardi A, Gallegos L. The case for bone graft reconstruction including sinus grafting and distraction osteogenesis for the atrophic edentulous maxilla. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004;62(11):1423-8.
12. Depprich RA, Handschel JGK, Naujoks C, Hahn T, Meyer U, Kübler NR. Sinus lifting before Le Fort I maxillary osteotomy : a suitable method for oral rehabilitation of edentulous patients with skeletal class-III conditions: review of the literature and report of a case. *Head Face Med*. 2007;3:2.

13. Yerit KC, Posch M, Guserl U, Turhani D, Schopper C, Wanschitz F, et al. Rehabilitation of the severely atrophied maxilla by horseshoe Le Fort I osteotomy (HLFO). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2004;97(6):683-92.
14. Malik NA, Kumar VV, Bora P. Le Fort I distraction osteogenesis of the edentulous maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(4):430-3.
15. Apaydin A, Sermet B, Ureturk S, Kundakcioglu A. Correction of malocclusion and oral rehabilitation in a case of amelogenesis imperfecta by insertion of dental implants followed by Le Fort I distraction osteogenesis of the edentulous atrophic maxilla. *BMC Oral Health*. 2014;14:116.
16. Hierl T, Hemprich A. Callus distraction of the midface in the severely atrophied maxilla--a case report. *Cleft Palate-Craniofacial* . 1999;36(5):457-61.
17. Ha SH, Lee H, Choi JY. Correction of midface deficiency in patient with crouzon syndrome by orthognathic surgery and patient specific facial implant : case report. *J Craniofac Surg*. 2022;33(2):e191.
18. Philippe B. Chirurgie orthognathique guidée. *Inf Dent*. 2019;(26):14-21.
19. Siadat H, Arshad M, Shirani G, Alikhasi M. New method for fabrication of gunning splint in orthognathic surgery for edentulous patients. *J Dent Tehran Iran*. 2012;9(3):262-6.
20. Kahnberg KE, Nilsson P, Rasmusson L. Le Fort I osteotomy with interpositional bone grafts and implants for rehabilitation of the severely resorbed maxilla : a 2-stage procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999;14(4):571-8.
21. Marchetti C, Felice P, Lizio G, Rossi F. Le fort I osteotomy with interpositional graft and immediate loading of delayed modified SLActive surface dental implants for rehabilitation of extremely atrophied maxilla : a case report. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(7):1486-94.
22. Millet C, Duprez JP. Multidisciplinary management of a child with severe open bite and amelogenesis imperfecta. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14(2):320-6.
23. Charrier JB. Données actuelles en chirurgie orthognathique de l'adulte. *Orthod Fr*. 2014;85(1):31-49.
24. Soneji BK, Esmail Z, Sharma P. A modified occlusal wafer for managing partially dentate orthognathic patients--a case series. *J Orthod*. 2015;42(1):45-52.
25. Furuya Y, Yamamoto M, Ito T, Takaki T, Shibahara T, Yajima Y. Implant treatment after sagittal splitting ramus osteotomy and alveolar ridge augmentation in patient with mandibular prognathism and multiple missing maxillary teeth. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2018;59(4):285-90.
26. Dhima M, Salinas TJ, Rieck KL. Virtual surgical planning for treatment of severe mandibular retrognathia with collapsed occlusion using contemporary surgical and prosthodontic protocols. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013;71(11):1923-32.

27. Vos MD, Baas EM, de Lange J, Bierenbroodspot F. Stability of mandibular advancement procedures: Bilateral sagittal split osteotomy versus distraction osteogenesis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(1):7-12.
28. Triaca A, Brusco D, Guijarro-Martínez R. Chin wing osteotomy for the correction of hyperdivergent skeletal class III deformity : technical modification. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2015;53(8):775-7.
29. Grecchi F, Grecchi E, Del Fabbro M, Goker F. Simultaneous Le Fort I osteotomy and zygomatic implant placement. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2022;50(2):114-23.
30. Mazzoni S, Badiali G, Lancellotti L, Babbi L, Bianchi A, Marchetti C. Simulation-guided navigation: a new approach to improve intraoperative three-dimensional reproducibility during orthognathic surgery. *J Craniofac Surg.* 2010;21(6):1698.
31. The glossary of prosthodontic terms : ninth edition. *J Prosthet Dent.* 2017;117(5, Supplement):C1-e105.
32. Jász B, Ambrus S, Garay T, Schmidt P, Hermann P, Körmendi S, et al. Different methods of determining centric relation – comparison with a digital mandibular motion analyser. *BMC Oral Health.* 2024;24:345.
33. Borba AM, Ribeiro-Junior O, Brozoski MA, Cé PS, Espinosa MM, Deboni MCZ, et al. Accuracy of perioperative mandibular positions in orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014;43(8):972-9.
34. McMillen LB. Border movements of the human mandible. *J Prosthet Dent.* 1972;27(5):524-32.
35. Sharifi A, Jones R, Ayoub A, Moos K, Walker F, Khambay B, et al. How accurate is model planning for orthognathic surgery ? *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37(12):1089-93.
36. Carlier JF, D'incau E, Orthlieb JD, Unger F. Les positions mandibulaires de référence. *Inf Dent [Internet].* 2016 [cité 7 mai 2024]; Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/actualites/les-positions-mandibulaires-de-reference/>
37. Malenova Y, Ortner F, Liokatis P, Haidari S, Tröltzsch M, Fegg F, et al. Accuracy of maxillary positioning using computer-designed and manufactured occlusal splints or patient-specific implants in orthognathic surgery. *Clin Oral Investig.* 2023;27(9):5063-72.
38. Wylie W. Statistical analysis of the consistency of certain facial dimensions. *J Dent Res.* 1944;(23):200-1.
39. Slavicek R, Tajima K, Sudmann V. Importance of skeletal location of maxilla to determine the vertical dimension of occlusion. *Int J Stomatol Occlusion Med.* 2010;3:159-64.
40. Orthlieb JD, Laurent M, Laplanche O. Cephalometric estimation of vertical dimension of occlusion. *J Oral Rehabil.* 2000;27(9):802-7.

41. Orthlieb JD, Ré JP. La Dimension Verticale d'Occlusion en 2023 : cadre décisionnel. *Réal Clin.* 2023;34(2):6-14.
42. Duminil G, Laplanche O. L'occlusion d'aujourd'hui à demain. 2e édition. Paris :ID presse édition media. 2023. 298 p.
43. Orthlieb JD. La courbe de Spee : un impératif physiologique et prothétique. *Cah Prothèse.* 1983;89-116.
44. Orthlieb JD, Darmouni L, Pedinielli A, Jouvin Darmouni J. Fonctions occlusales : aspects physiologiques de l'occlusion dentaire humaine. In: *EMC médecine buccale* 28-160-B-10. 2013.
45. Alvarez CM, Lessin ME, Gross PD. Mandibular advancement combined with horizontal advancement genioplasty for the treatment of obstructive sleep apnea in an edentulous patient. A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987;64(4):402-6.
46. Binger T, Rücker M, Spitzer WJ. Dentofacial rehabilitation by osteodistraction, augmentation and implantation despite osteogenesis imperfecta. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006;35(6):559-62.
47. Campbell DI, Kuzmanovic D, DeSilva RK. Bimaxillary osteotomy in a young, edentulous patient with LADD syndrome. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(7):1685-90.
48. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *J Prosthet Dent.* 2015;114(4):554-9.
49. Goodacre B, Goodacre C, Baba N. Using intraoral scanning to capture complete denture impressions, tooth positions, and centric relation records. *Int J Prosthodont.* 2018;31.
50. Picart B, Margerit J, Dupas PH. Un demi-siècle d'occlusodontie : de l'occluseur à l'articulateur virtuel De l'évolution des concepts. *Strat Prothétique.* 12 juin 2023;23(3):7-18.
51. Hatjigiorgis CG, Grisius RJ, Fenster RK, Neff PA. A tomographic study of the temporomandibular joint of edentulous patients. *J Prosthet Dent.* 1987;57(3):354-8.
52. Duminil G, Faure F, Van Meer F, Gilles B. Proposition d'une méthode simple pour positionner des empreintes optiques dans un articulateur virtuel .*ID Inf Dent;* 2019;(10).
53. Smith DM, Armstrong JW, Davenport WL. Bony augmentation of the maxillary sinus via a Le Fort I osteotomy: a report of 3 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2000;58(9):1069-73.
54. Ribeiro-Junior PD, Padovan LEM, Gonçalves ES, Nary-Filho H. Bone grafting and insertion of dental implants followed by Le Fort advancement for correction of severely atrophic maxilla in young patients. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(10):1101-6.
55. Pieri F, Lizio G, Bianchi A, Corinaldesi G, Marchetti C. Immediate Loading of Dental Implants Placed in Severely Resorbed Edentulous Maxillae Reconstructed With Le Fort I Osteotomy and Interpositional Bone Grafting. *J Periodontol.* 2012;83(8):963-72.

56. Orthlieb JD. The curve of Spee: understanding the sagittal organization of mandibular teeth. *Cranio J Craniomandib Pract.* 1997;15(4):333-40.
57. Bert M. Fonction occlusale de la canine en implantologie. *Actual Odonto-Stomatol.* 2015;(273):6.
58. Okane H, Yamashina T, Nagasawa T, Tsuru H. The effect of anteroposterior inclination of the occlusal plane on biting force. *J Prosthet Dent.* 1979;42(5):497-501.
59. Orthlieb JD. Les essentiels de la cinématique occlusale. 2017.
60. Lim BG, Lee IO. Anesthetic management of geriatric patients. *Korean J Anesthesiol.* 2020;73(1):8-29.
61. Phillips C, Kim SH, Tucker M, Turvey TA. Sensory retraining: burden in daily life related to altered sensation after orthognathic surgery, a randomized clinical trial. *Orthod Craniofac Res.* 2010;13(3):169-78.
62. Gateno J, Xia JJ, Teichgraeber JF. A new three-dimensional cephalometric analysis for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(3):606-22.
63. Ho CT, Lin HH, Liou EJW, Lo LJ. Three-dimensional surgical simulation improves the planning for correction of facial prognathism and asymmetry : a qualitative and quantitative study. *Sci Rep.* 10 janv 2017;7:40423.
64. Ho JPTF, Schreurs R, Baan F, de Lange J, Becking AG. Splintless orthognathic surgery in edentulous patients-a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020;49(5):587-94.
65. Lundgren S, Sjöström M, Nyström E, Sennerby L. Strategies in reconstruction of the atrophic maxilla with autogenous bone grafts and endosseous implants. *Periodontol 2000.* 2008;47(1):143-61.
66. Ylikontiola L, Kinnunen J, Oikarinen K. Factors affecting neurosensory disturbance after mandibular bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2000;58(11):1234-9.
67. Imholz B, Richter M, Dojcinovic I, Hugentobler M. Pseudarthrose du maxillaire après ostéotomie de Le Fort I. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2010;111(5):270-5.
68. Castro MP, Rey RL, Búa JA, Santana-Mora U, Cembranos JLLC. Prosthodontic rehabilitation in patient with ectodermal dysplasia combining preprosthetic techniques : a case report. *Implant Dent.* 2013;22(5):460.
69. Maruani LH. Incidence du facteur ethnique sur l'analyse céphalométrique : guide clinique en pratique quotidienne [Internet] [Thèse d'exercice]. Paris Descartes; 2017. Disponible sur: https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01475556v1/file/Hazan-Maruani_Liora_def.pdf
70. Ashy LM, Sukotjo C. Prosthodontic and surgical management of a completely edentulous patient with a severe class III skeletal maxillomandibular relationship : a clinical report. *J Prosthodont.* 2013;22(6):490-4.

71. Beltrão GC, de Abreu AT, Beltrão RG, Finco NF. Lateral cephalometric radiograph for the planning of maxillary implant reconstruction. *Dento Maxillo Facial Radiol.* 2007;36(1):45-50.
72. Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015;44(1):20140282.
73. Dot G. Automatisation du traitement des imageries tridimensionnelles dento-maxillo-faciales par apprentissage profond : application à la segmentation et à la céphalométrie [Internet] [thèse de science]. HESAM Université; 2022 [cité 20 avr 2024]. Disponible sur: <https://pastel.hal.science/tel-03772880>
74. Lindner C, Wang CW, Huang CT, Li CH, Chang SW, Cootes TF. Fully automatic system for accurate localisation and analysis of cephalometric landmarks in lateral cephalograms. *Sci Rep.* 2016;6:33581.
75. Liebrechts J, Xi T, Timmermans M, de Koning M, Bergé S, Hoppenreijts T, et al. Accuracy of three-dimensional soft tissue simulation in bimaxillary osteotomies. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2015;43(3):329-35.
76. van Twisk PH, Tenhagen M, Gül A, Wolvius E, Koudstaal M. How accurate is the soft tissue prediction of Dolphin Imaging for orthognathic surgery ? *Int Orthod.* 2019;17(3):488-96.
77. Rupperti S, Winterhalder P, Krennmair S, Holberg S, Holberg C, Mast G, et al. Changes in the facial soft tissue profile after maxillary orthognathic surgery. *J Orofac Orthop.* 2022;83(3):215-20.
78. Awad D, Reinert S, Kluba S. Accuracy of three-dimensional soft-tissue prediction considering the facial aesthetic units using a virtual planning system in orthognathic surgery. *J Pers Med.* 2022;12(9):1379.
79. Ellis E, McFadden D. The value of a diagnostic setup for full fixed maxillary implant prosthetics. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(9):1764-71.
80. Philippe B. L'Information Dentaire. [cité 14 janv 2023]. Chirurgie maxillo-faciale guidée. Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/formations/chirurgie-maxillo-faciale-guidee/>
81. Grecchi F, Grecchi E, Del Fabbro M, Goker F. Simultaneous Le Fort I osteotomy and zygomatic implant placement. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg.* 2022;50(2):114-23.
82. Kämmerer PW, Wolf JM, Dau M, Staedt H, Al-Nawas B, Frerich B, et al. Orthognathic surgery for correction of skeletal class iii malocclusion using osseointegrated dental implants : a clinical case letter. *J Oral Implantol.* 2020;46(2):146-52.
83. Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, Kunz R, Vist G, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *J Clin Epidemiol.* 2011;64(4):383-94.
84. Murad MH, Sultan S, Haffar S, Bazerbachi F. Methodological quality and synthesis of case series and case reports. *BMJ Evid-Based Med.* 2018;23(2):60-3.

85. Van Sickels JE, Raybould TP, Hicks EP. Interdisciplinary management of patients with ectodermal dysplasia. *J Oral Implantol*. 2010;36(3):239-45.
86. Okada W, Fukui T, Saito T, Ohkubo C, Hamada Y, Nakamura Y. Interdisciplinary treatment of an adult with complete bilateral cleft lip and palate. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012;141(4 Suppl):S149-158.
87. Pektas ZÖ, Kircelli BH. Interdisciplinary management of an adult patient with a class III malocclusion. *J Prosthet Dent*. 2014;112(1):9-13.
88. Gisler V, Enkling N, Zix J, Kim K, Kellerhoff NM, Mericske-Stern R. A multidisciplinary approach to the functional and esthetic rehabilitation of amelogenesis imperfecta and open bite deformity : a case report. *J Esthet Restor Dent*. 2010;22(5):282-93.
89. Al-Ibrahim HA, Al-Hadlaq SM, Abduljabbar TS, Al-Hamdan KS, Abdin HA. Surgical and implant-supported fixed prosthetic treatment of a patient with ectodermal dysplasia: a case report. *Spec Care Dentist*. 2012;32(1):1-5.
90. Abadi BJ, Van Sickels JE, McConnell TA, Kluemper GT. Implant rehabilitation for a patient with Hallerman-Streiff syndrome : a case report. *J Oral Implantol*. 2009;35(3):143-7.
91. Demes E, Graillon N, Afota F, Savoldelli C, Lan R. A Multidisciplinary approach for full-mouth rehabilitation in oligodontia: a clinical report. *J Oral Implantol*. 2023;49(2):124-9.
92. Labidi A, Bekri S, Mabrouk Y, Ben Mustapha J, Omezzine M, Ghouli-Mazgar S, et al. Amelogenesis imperfecta with Class III malocclusion, reduced crown size and decreased OVD : a multidisciplinary management and a 5-year follow-up. *Clin Case Rep*. 2020;8(8):1440-4.
93. Lopes JFS, Pinto JHN, Lopes MMW, Mazottini R, Soares S. Interrelationship between implant and orthognathic surgery for the rehabilitation of edentulous cleft palate patients : a case report. *J Appl Oral Sci Rev FOB*. 2015;23(2):224-9.
94. Mendes GCB, Laskarides C, Ayub EA, Ribeiro-Junior PD. Dental implants can facilitate orthognathic surgery in a patient with severe maxillary atrophy. *J Oral Maxillofac Surg*. 2019;77(4):730-9.
95. Numazaki K, Seiryu M, Yamauchi K, Yoda N, Ito A, Mizoguchi I. Combined surgical-orthodontic and prosthetic treatment of a partially edentulous patient with skeletal Class III malocclusion. *Clin Invest Orthod*. 2023;82(3):165-74.
96. Luka Dias W, Leandro R, Marcos Antonio T, Pereira-Cenci T, Boscatto N. Combined orthognathic surgery and prosthetic treatment for class III skeletal malocclusion. *Stomatos*. 2013;19.
97. Hoppenreijts TJ, Voorsmit RA, Freihofer HP, van 't Hof MA. Open bite deformity in amelogenesis imperfecta. Part 2: Le Fort I osteotomies and treatment results. *J Cranio-Maxillo-fac Surg*. 1998;26(5):286-93.

98. Ahmad AG, Osman M, Awadalkreem F. Orthognathic correction and corticobasal implant-supported prostheses as a treatment modality for partial edentulism with mandibular prognathism : a case report and review of literature. *Int J Surg Case Rep.* 2022;95:107219.
99. De Santis D, Trevisiol L, D'Agostino A, Cucchi A, De Gemmis A, Nocini PF. Guided bone regeneration with autogenous block grafts applied to Le Fort I osteotomy for treatment of severely resorbed maxillae : a 4- to 6-year prospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(1):60-9.
100. Gil JN, Claus JDP, Campos FEB, Lima SM. Management of the severely resorbed maxilla using Le Fort I osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37(12):1153-5.
101. Khojasteh A, Payaminia L, Alikhasi M. Implant assisted ortho-surgery in edentulous jaws : a clinical report. *Clin Case Rep.* 2015;3(11):920-6.
102. Arshad M, Shirani G, Rasouli K. Step by step full mouth rehabilitation of a class III edentulous patient by implant-supported prosthesis : a case report. *Clin Case Rep.* 2018;6(7):1246-51.
103. Nyström E, Lundgren S, Gunne J, Nilson H. Interpositional bone grafting and Le Fort I osteotomy for reconstruction of the atrophic edentulous maxilla. A two-stage technique. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1997;26(6):423-7.

Table des figures

Figure 1 : Classification des résorptions maxillaires de Cawood et Howell antérieur et postérieur	6
Figure 2 : Séquence opératoire chirurgie Lefort1	7
Figure 3 : implantation per-opératoire selon Sailer	8
Figure 4 : Ostéotomie Lefort1 classique (A) comparée à une ostéotomie en fer à cheval (B) (12)	9
Figure 5 : Distracteur sagittal maxillaire.....	10
Figure 6 : sagittal split ramus ostéotomy	12
Figure 7 : (A) condyle en relation centrée dans la fosse glénoïde , (B) diagramme de Posselt	16
Figure 8 : (A) Construction du Point Xi, (B) DVO céphalométrique.....	18
Figure 9 : construction de la courbe de Spee céphalométrique	19
Figure 10 : Surface matérialisé par les courbes de Spee, Wilson et des bords incisifs	20
Figure 11 : En occlusion plane, le rapport corono-radulaire est défavorable (43).....	27
Figure 12 : (A) La pente condylienne et (B) la pente incisive	29
Figure 13 : Portion des planches anatomiques 63 (artères) et 64 (veines)	32
Figure 14 : Portion des planches anatomiques 116 (Nerf trijumeau V, en vert le V2 et violet le V3) et 117 (Nerf Facial VII)	33
Figure 15 : Céphalométrie squelettique VS tissulaire	37
Figure 16 : Planification selon Ellis et McFaddend.....	39
Figure 17 : Planification selon Siadat et al.....	39
Figure 18 : Duplicata transparent comme guide.....	40
Figure 19 : Planification selon Ribeiro-Junior et al.....	40
Figure 20 : Planification selon Benoit Philippe	42
Figure 21 : Guide d'ostéotomie (19) et miniplaques (21)	42
Figure 22 : Planification selon le modèle de Grecchi et al	44
Figure 23 : (A) ligatures sur les prothèses guide en plus des fixations intermaxillaires pour Ashy et al , (B) Prothèse maxillaire vissée et ligatures métal pour Furuya (25), (C) potences sur arc pour Riebero Junior (54).....	46
Figure 24 : Diagramme de flux	53
Figure 25 : Séquence de traitement selon Labidi et al.....	60

Table des tableaux

Tableau 1 : Equations de recherche en fonction des différentes bases de données.....	48
Tableau 2 : Caractéristiques générales Les essentiels de la cinématique occlusale des articles sélectionnés.....	55
Tableau 3 : Synthèse des données	57
Tableau 4 : Niveau de preuve selon l'échelle de Pierson, Bradford-Hillset Ottawa Neewcastle modifiée	59

Annexes

Annexe 1 : Grille de validation PRISMA pour la réalisation de revues systématiques

Section/sujet	Critères de contrôle	Page N°
MÉTHODE		
Protocole et enregistrement	✓ Indiquer si un protocole de revue de la littérature existe, s'il peut être consulté et où (par exemple, l'adresse web), et, le cas échéant, fournir des informations d'identification, y compris le numéro d'enregistrement.	35
Critères d'éligibilité	✓ Spécifier les caractéristiques de l'étude (par exemple, PICOS, durée de suivi) et les caractéristiques du rapport (par exemple, années considérées, langues, statuts de publication) utilisées comme critères d'éligibilité, et justifier ce choix.	34
Sources d'information	✓ Décrire toutes les sources d'information (par exemple : bases de données avec la période couverte, échange avec les auteurs pour identifier des études complémentaires) de recherche et la date de la dernière recherche.	35
Recherche	✓ Présenter la stratégie complète de recherche automatisée d'au moins une base de données, y compris les limites décidées, de sorte qu'elle puisse être reproduite.	35
Sélection des études	✓ Indiquer le processus de sélection des études (c.-à-d. : triage, éligibilité, inclusion dans la revue systématique, et, le cas échéant, inclusion dans la méta-analyse).	35
Extraction des données	✓ Décrire la méthode d'extraction de données contenues dans les rapports (par exemple : formulaires pré-établis, librement, en double lecture) et tous les processus d'obtention et de vérification des données auprès des investigateurs.	36
Données	✓ Lister et définir toutes les variables pour lesquelles des données ont été recherchées (par exemple : PICOS, sources de financement) et les suppositions et simplifications réalisées.	36
Risque de biais inhérent à chacune des études	✓ Décrire les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais de chaque étude (en spécifiant si celui-ci se situe au niveau de l'étude ou du résultat), et comment cette information est utilisée dans la synthèse des données.	37
Quantification des résultats	✓ Indiquer les principales métriques de quantification des résultats (par exemple : <i>risk ratio</i> , différence entre les moyennes).	37
Synthèse des résultats	✓ Décrire les méthodes de traitement des données et de combinaison des résultats des études, si effectué, y compris les tests d'hétérogénéité (par exemple : I^2) pour chaque méta-analyse.	37
Risque de biais transversal aux études	✓ Spécifier toute quantification du risque de biais pouvant altérer le niveau de preuve global (par exemple : biais de publication, rapport sélectif au sein des études).	37
Analyses complémentaires	✓ Décrire les méthodes des analyses complémentaires (par exemple : analyses de sensibilité ou en sous-groupes, méta-régression), si effectuées, en indiquant celles qui étaient prévues <i>a priori</i> .	37
RÉSULTATS		
Sélection des études	✓ Indiquer le nombre d'études triées, examinées en vue de l'éligibilité, et incluses dans la revue, avec les raisons d'exclusion à chaque étape, de préférence sous forme d'un diagramme de flux.	39
Caractéristiques des études sélectionnées	✓ Pour chaque étude, présenter les caractéristiques pour lesquelles des données ont été extraites (par exemple : taille de l'étude, PICOS, période de suivi) et fournir les références.	41
Risque de biais relatif aux études	✓ Présenter les éléments sur le risque de biais de chaque étude et, si possible, toute évaluation des conséquences sur les résultats (voir item 12).	46
Résultats de chaque étude	✓ Pour tous les résultats considérés (positifs ou négatifs), présenter, pour chaque étude : (a) une brève synthèse des données pour chaque groupe d'intervention ; (b) les amplitudes d'effets estimés et leurs intervalles de confiance, idéalement avec un graphique en forêt (<i>forest plot</i>).	43
Synthèse des résultats	✓ Présenter les principaux résultats de chaque méta-analyse réalisée, incluant les intervalles de confiance et les tests d'hétérogénéité.	43
Risque de biais transversal aux études	✓ Présenter les résultats de l'évaluation du risque de biais transversal aux études (voir item 15).	46
Analyse complémentaire	✓ Le cas échéant, donner les résultats des analyses complémentaires (par exemple : analyses de sensibilité ou en sous-groupes, méta-régression [voir item 16]).	50
DISCUSSION		
Synthèse des niveaux de preuve	✓ Résumer les principaux résultats, ainsi que leur niveau de preuve pour chacun des principaux critères de résultat ; examiner leur pertinence selon les publics concernés (par exemple : établissements ou professionnels de santé, usagers et décideurs).	50
Limites	✓ Discuter des limites au niveau des études et de leurs résultats (par exemple : risque de biais), ainsi qu'au niveau de la revue (par exemple : récupération incomplète de travaux identifiés, biais de notification).	51
Conclusions	✓ Fournir une interprétation générale des résultats dans le contexte des autres connaissances établies, et les impacts pour de futures études.	54

Vu, le Directeur de thèse

Vu, le Doyen de l'UFR d'Odontologie

Professeur Lisa FRIEDLANDER

Professeur Vianney DESCROIX

Vu, le Président d'Université Paris Cité

Professeur Édouard KAMINSKI

Pour le Président et par délégation,

Le Doyen Vianney DESCROIX

Le projet prothétique dans la planification de la chirurgie orthognathique chez l'édenté de grande envergure

Ariane Gudín de Vallerin. Le projet prothétique dans la planification de la chirurgie orthognathique chez l'édenté de grande envergure. 2024. 75 p.: ill., graph., tabl.. Réf. bibliographiques p. 65-72.

Sous la direction de Mme le Professeur Lisa Friedlander.

Université Paris Cité
UFR d'Odontologie
1, rue Maurice Arnoux - 92120 Montrouge
5, rue Garancière - 75006 Paris