

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N°15

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 15 octobre 2020

par

Pierre-Alexandre GROBOT

né le 23 juillet 1994 à SARREGUEMINES

COMPARAISON ET ÉTUDE RÉTROSPECTIVE DES DIFFÉRENTES
TECHNIQUES CHIRURGICALES POUR LA POSE D'IMPLANTS
ZYGOMATIQUES :
RÉFLEXION AUTOUR DE 86 CAS CLINIQUES

Président :	Professeur François CLAUSS
Assesseurs :	<u>Docteur Abdessamad BOUKARI</u> Docteur Sophie BAHİ-GROSS Docteur Catherine PETIT
Membre invité :	<u>Docteur Thomas BRIDONNEAU</u>

À Monsieur le Professeur François CLAUSS, Président du Jury

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche dentaires
de Strasbourg

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Strasbourg

Département d'Odontologie Pédiatrique

Vous m'avez fait le grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse et je vous en remercie. Votre expérience et vos enseignements sont pour moi une source de grande estime et d'inspiration.

Merci pour la bienveillance et la compréhension que vous avez manifestées à mon égard lorsque je suis venu vous solliciter.

Veillez recevoir l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Abdessamad BOUKARI, Assesseur et co-directeur

Maître de Conférences à l'Université de Strasbourg

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche dentaires
de Strasbourg

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Strasbourg

Département de Médecine et de Chirurgie Buccales

Je vous remercie de l'honneur que vous m'avez accordé en acceptant de siéger en tant que codirecteur dans mon jury thèse.

Merci pour votre confiance, ainsi que pour l'empathie, la bienveillance et les compétences que vous partagez avec vos étudiants tout au long de leur cursus.

J'espère que ce travail vous donnera pleine et entière satisfaction.

Veillez trouver ici le témoignage de mon respect, et de l'expression de ma profonde gratitude.

À Madame le Docteur Sophie BAHI-GROSS, Assesseur

Maître de Conférences à l'Université de Strasbourg

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche dentaires
de Strasbourg

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancienne interne en Odontologie

Spécialiste qualifiée en Chirurgie-Orale

Département de Médecine et de Chirurgie Buccales

*Je vous remercie d'avoir accepté de siéger dans ce jury de
thèse et de l'enthousiasme dont vous avez fait preuve.
Merci pour vos paroles stimulantes et votre pédagogie.
Votre force de travail et votre présence charismatique ont
toujours suscité chez moi une profonde admiration.*

*Voyez en cette thèse l'expression de mes remerciements
les plus sincères et de ma reconnaissance.*

À Madame le Docteur Catherine PETIT, Assesseur

Assistant Hospitalier à l'Université de Strasbourg

Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherche dentaires
de Strasbourg

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancienne interne en Médecine Bucco-Dentaire

Département de Parodontologie

*Vous avez immédiatement accepté de participer à ce jury
de thèse et je vous en suis reconnaissant et honoré.*

*Je vous remercie pour la qualité de votre enseignement
prodigué tout au long de mes années d'études, pour votre
enthousiasme et votre gentillesse.*

*Veillez trouver ici l'expression de mon respect et de ma
sympathie les plus sincères.*

À Monsieur le Docteur Thomas BRIDONNEAU

Docteur en Chirurgie Dentaire
Diplômé de l'Université de Strasbourg
Ancien interne en Chirurgie-Orale

Je vous remercie de l'honneur que vous m'avez fait en acceptant la direction de ce travail de thèse. Votre rigueur, votre assiduité et votre énergie forcent l'admiration.

Merci pour votre confiance, ainsi que pour l'empathie que vous avez manifesté à mon égard tout au long de mon cursus. Votre accompagnement et votre enthousiasme m'ont donné goût à la chirurgie orale. J'ai fait appel à vous en sachant que je pourrai compter sur votre disponibilité, votre implication et votre dynamisme. La pertinence de vos conseils et votre aide avisée m'ont grandement éclairé.

J'espère que notre collaboration sur ce travail aura été à la hauteur de vos espérances.

Veillez trouver ici le témoignage de toute mon amitié, mon respect, et de l'expression de ma profonde gratitude.

À mes parents,

Pour votre soutien et votre amour. Merci de m'avoir guidé et encouragé toute ma vie. Vous m'avez appris la persévérance, l'ambition et le goût du travail bien fait. Merci d'avoir toujours cru en moi, et d'avoir su être là pour moi quand il le fallait. Merci pour votre gentillesse et votre générosité. Je ne pouvais rêver d'une meilleure famille. Je vous dédie cette thèse, qu'elle soit le témoin de l'amour et de la reconnaissance que je vous porte.

À mon frère Paul-Henri,

Je suis chanceux d'avoir grandi à tes côtés et d'avoir partagé avec toi une enfance heureuse. J'espère qu'on aura l'occasion de se voir plus régulièrement dans l'avenir et partager encore de bons moments. Je te souhaite le meilleur pour ton avenir personnel et professionnel. Tu pourras toujours compter sur moi.

À ma sœur Lily-Rose,

Ton arrivée dans la famille a été accueillie comme une véritable source de bonheur. Cela fait bientôt onze ans que je te regarde grandir et déjà tu deviens une véritable jeune fille. J'ai adoré m'occuper de toi, te chérir et je continuerai à le faire. Je suis très fier de toi. Je te souhaite le meilleur pour la suite. Continue à bien travailler et sois gentille avec tes parents. Je t'aime depuis toujours et tu pourras toujours compter sur moi.

À Margaux,

Merci de partager ta vie avec moi. Ces dernières années, tu m'as apporté beaucoup de choses notamment de la bonne humeur, mais aussi de la joie et surtout de l'amour. Je te suis pleinement reconnaissant de ton soutien sans faille, de ton écoute et de toutes les attentions que tu me portes. J'exprime une profonde admiration à ton égard, pour tes qualités tant humaines qu'intellectuelles. Tous les jours, tu fais ma fierté. À présent, une page se tourne. Ensemble, nous allons pouvoir aborder sereinement l'avenir et réaliser tous les projets qui nous tiennent à cœur. J'ai confiance en nous. Je t'aime.

À Guillaume,

On a eu la chance de se rencontrer par hasard en première année de médecine. Tu es un ami en or. J'ai toujours pu compter sur toi et te faire confiance. De par ta bonne nature, on s'amuse toujours tellement bien avec toi. Je te remercie pour toutes ces années de complicité et ces moments passés lors de nos trips à travers l'Europe ou encore en Afrique du Sud. On ne se perd pas de vue.

À mes grands-parents,

À mon grand-père Jean-François, pour ta générosité et l'intérêt que tu as toujours porté à mes études et mon travail.

A ma grand-mère Françoise, pour l'amour que tu nous portes.

À ma grande mère Lucie, pour ton énergie, ta bienveillance et ta générosité.

À mon grand-père maternel, que j'aurais aimé connaître plus longtemps.

À Joséphine et Louis,

Pour toutes ces années de complicité et de fous rires.

À mes amis strasbourgeois, Benoist, Marie et tous les autres,

Pour tous les moments, vacances et souvenirs passés avec vous au cours des huit dernières années. Malgré la distance et les rythmes de vie différents, j'espère que l'on saura entretenir nos liens d'amitiés.

À mes amis Déodatien, Gauthier, Timothée, Pierre, et tous les autres,

Pour toutes les soirées et les bons moments passés ensemble.

Au Docteur Sepehr Zarrine,

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles je tiens à t'exprimer ma profonde et sincère reconnaissance. Merci pour ta générosité et ton partage. Je te suis très reconnaissant de m'avoir gracieusement invité à tes formations en implantologie. Je tiens également à te remercier pour ton implication et ton investissement dans ce travail de thèse. Merci de m'avoir accordé ta confiance et porté cette bienveillance. Ton professionnalisme et tes qualités humaines sont pour moi un exemple. Puissent ces mots te témoigner de toute mon amitié, ainsi que de ma considération la plus respectueuse.

À toute l'équipe déodatienne du cabinet du Dr Sepehr Zarrine,

Marie-Pierre, Aurore, Marjorie, Grâce à vous, j'ai appris à travailler avec une équipe soudée et compétente. Merci pour ces moments passés dans la bonne humeur.

Au Docteur Raphaël Bonnet, Chirurgien Maxillo-facial

Je tiens à vous remercier tout particulièrement pour votre investissement dans ce travail de thèse. Vous avez manifesté une motivation et un enthousiasme exceptionnel à l'égard de ce travail. Je n'aurai pas pu réaliser cette étude sans votre aide. Veuillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de ma considération la plus respectueuse.

Au Docteur Lefebvre François, Médecin au Pôle de Santé Publique GMRC des Hôpitaux Universitaire de Strasbourg,

Remerciements cordiaux et confraternels pour avoir réalisé les analyses statistiques de ce travail de thèse. Vos compétences et votre réactivité m'ont été d'une grande aide.

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2020

N°15

THESE

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 19 mars 2020

par

Pierre-Alexandre GROBOT

né le 23 juillet 1994 à SARREGUEMINES

COMPARAISON ET ETUDE RETROSPECTIVE DES DIFFÉRENTES
TECHNIQUES CHIRURGICALES POUR LA POSE D'IMPLANTS
ZYGOMATIQUES :
RÉFLEXION AUTOUR DE 86 CAS CLINIQUES

Président : Professeur François CLAUSS
Assesseurs : Docteur Abdessamad BOUKARI
Docteur Sophie BAHI-GROSS
Docteur Catherine PETIT
Membre invité : Docteur Thomas BRIDONNEAU

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	8
Introduction.....	14
1 Spécificités anatomiques des implants zygomatiques	18
1.1 L'implant zygomatique : description et comparaison	18
1.2 Structures traversées et environnement anatomique	20
1.2.1 L'os maxillaire et son sinus	23
1.2.1.1 Description de l'os maxillaire.....	23
1.2.1.2 Description du sinus maxillaire.....	24
1.2.1.3 Repères et structures à visualiser.....	25
1.2.1.3.1 Le mur postérieur du maxillaire	25
1.2.1.3.2 Le foramen infra-orbitaire et son pédicule neuro-vasculaire.....	26
1.2.1.4 Trajet implantaire	28
1.2.1.4.1 Processus alvéolaire.....	28
1.2.1.4.2 Plancher sinusien	29
1.2.1.4.3 Face antérolatérale du maxillaire.....	30
1.2.1.4.4 Paroi antérolatérale du sinus maxillaire.....	30
1.2.1.4.5 Processus zygomatique du maxillaire	31
1.2.1.5 Complications associées.....	32
1.2.1.5.1 Perforation de la membrane de Schneider.....	32
1.2.1.5.2 Communication bucco-sinusienne.....	32
1.2.1.5.3 Sinusite maxillaire.....	32
1.2.1.5.4 Déhiscence vestibulaire.....	35
1.2.1.5.5 Lésion de l'artère alvéolo-antrale.....	37
1.2.1.5.6 Lésion du nerf infra-orbitaire.....	38

1.2.2	Os zygomatique.....	39
1.2.2.1	Description	39
1.2.2.2	Repères et structures à visualiser.....	40
1.2.2.2.1	<i>Le rebord zygo-maxillaire et l'arcade zygomatique</i>	<i>40</i>
1.2.2.2.2	<i>L'encoche fronto-zygomatique.....</i>	<i>41</i>
1.2.2.2.3	<i>Le rebord inféro-latéral de l'orbite.....</i>	<i>42</i>
1.2.2.3	Trajet implantaire en fonction de la structure et de la topographie de l'os zygomatique	43
1.2.2.4	Complications.....	46
1.2.2.4.1	<i>Infection sous-périostée.....</i>	<i>46</i>
1.2.2.4.2	<i>Dépassement apical de l'implant zygomatique.....</i>	<i>47</i>
1.2.2.4.3	<i>Fracture de l'os zygomatique.....</i>	<i>48</i>
1.2.2.4.4	<i>Fracture d'un implant zygomatique.....</i>	<i>48</i>
1.2.2.4.5	<i>Larmoiement permanent et perte de sensibilité.....</i>	<i>49</i>
1.2.3	Région génienne : le corps adipeux de la joue	50
1.2.4	Région orbitaire.....	52
1.2.5	Région infra-temporale	55
1.2.5.1	Description	55
1.2.5.2	Artère maxillaire	56
1.2.5.3	Nerf maxillaire	57
2	Techniques chirurgicales et illustrations cliniques.....	59
2.1	<i>Prise en charge préopératoire</i>	<i>59</i>
2.1.1	Anamnèse générale et dentaire	60
2.1.2	Examen clinique	60
2.1.3	Examen radiographique	62
2.1.3.1	Bidimensionnel.....	62
2.1.3.2	Tridimensionnel (CBCT).....	65
2.1.3.3	Guides radiologique et chirurgical.....	66

2.1.4	Prémédication.....	69
2.1.5	Anesthésie	70
2.1.5.1	Anesthésie générale	70
2.1.5.2	Anesthésie locale	70
2.2	<i>Temps chirurgical</i>	71
2.2.1	Incisions.....	71
2.2.1.1	Incision vestibulaire ou de type Lefort I.....	71
2.2.1.2	Incision crestale	72
2.2.2	Réclinaison du lambeau muco-périosté	73
2.2.3	Fenêtre sinusienne.....	75
2.2.4	Réclinaison de la membrane de Schneider	76
2.2.5	Identification du point d'entrée et de la trajectoire implantaires...77	
2.2.6	Les différentes préparations du trajet implantaire en fonction des techniques.....	78
2.2.6.1	La technique originale « <i>Ad Modum</i> » de Brånemark	79
2.2.6.2	La Sinus Slot Technique	82
2.2.6.3	L'approche classique extériorisée	83
2.2.6.4	La technique extra-maxillaire	83
2.2.6.5	Technique du Professeur Brånemark modifiée par le Dr Chow....	85
2.2.6.6	La technique ZAGA.....	86
2.2.6.7	L'approche « <i>Quad Zygo</i> ».....	93
2.2.7	Choix et insertion de l'implant zygomatique	94
2.2.8	Choix et mise en place des piliers pour les cas de mise en charge immédiate	97
2.2.9	Repositionnement du lambeau et sutures.....	98
2.2.10	Réhabilitation prothétique provisoire et définitive	100

2.3	<i>Prise en charge postopératoire</i>	103
3	Comparaison de l'approche ZAGA avec la technique extra-maxillaire : Étude rétrospective autour de 86 cas cliniques	105
3.1	<i>Objectifs</i>	105
3.2	<i>Matériels et méthodes</i>	106
3.2.1	Matériels	106
3.2.1.1	Implants	106
3.2.1.2	Matériels d'imagerie	107
3.2.1.2.1	<i>Orthopantomogramme</i>	107
3.2.1.2.2	<i>Cone Beam Computer Tomography (CBCT)</i>	108
3.2.1.2.3	<i>Logiciels de lecture et de planification chirurgicale</i>	108
3.2.1.3	Matériel nécessaire à la chirurgie implantaire zygomatique	108
3.2.1.4	Questionnaire de satisfaction	109
3.2.1.5	Logiciel pour le regroupement des données	110
3.2.2	Méthodes	110
3.2.2.1	Critères de l'étude	110
3.2.2.1.1	<i>Analyse des données</i>	110
3.2.2.1.2	<i>Critères d'inclusion</i>	111
3.2.2.1.3	<i>Critères d'exclusion</i>	111
3.2.2.2	Description du protocole chirurgical	111
3.2.2.3	Prise en charge postopératoire	112
3.2.2.4	Rendez-vous de contrôle	112
3.2.2.5	Évaluation clinique	113
3.2.2.6	Évaluation radiographique	114
3.2.2.7	Analyse des informations	115
3.3	<i>Résultats</i>	116

3.3.1	Population clinique	116
3.3.1.1	Cohorte ZAGA.....	116
3.3.1.2	Cohorte extra-maxillaire	117
3.3.2	Classification de la cohorte ZAGA	119
3.3.3	Résultats implantaire	120
3.3.3.1	Cohorte ZAGA.....	120
3.3.3.2	Cohorte extra-maxillaire	123
3.3.4	Succès implantaire.....	125
3.3.5	Complications.....	125
3.3.5.1	Cohorte ZAGA.....	126
3.3.5.2	Cohorte extra-maxillaire	126
3.3.6	Satisfaction	128
3.4	<i>Discussion</i>	129
3.4.1	Technique originale	129
3.4.2	Technique chirurgicale modifiée, basée sur l'approche ZAGA ...	130
3.4.3	Technique extra-maxillaire	131
3.4.4	Discussion autour des résultats	132
3.4.4.1	Âge.....	132
3.4.4.2	Sexe	132
3.4.4.3	Tabac	132
3.4.4.4	Implants.....	133
3.4.4.5	Suivi implantaire.....	134
3.4.4.6	Survie implantaire	136
3.4.4.7	Succès implantaire.....	136
3.4.4.8	Évaluation des complications.....	138
3.4.4.8.1	<i>Complications sinusiennes</i>	139

3.4.4.8.2	<i>Complications parodontales : Récessions, déhiscences vestibulaires et mucosites</i>	142
3.4.4.8.3	<i>Autres complications</i>	145
3.4.5	Perte d'implant	145
3.4.6	Mise en charge immédiate	146
3.4.7	Satisfaction	146
3.4.8	Limites de l'étude	147
Conclusions		149
ANNEXES		151
Annexe 1	Questionnaire de satisfaction	151
Annexe 2	Collecte de données sous la forme d'un tableau Excel à partir des dossiers médicaux et radiographiques de chaque patient.	152
Annexe 3	Coupe frontale d'un CBCT objectivant une sinusite maxillaire droite chez le patient n°31	158
Annexe 4	Coupe transversale d'un CBCT objectivant une communication bucco-sinusienne par résorption osseuse autour de l'implant zygomatique postérieur droit chez le patient n°31	158
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		159

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Les différents systèmes d'implants zygomatiques proposés par Nobel Biocare	19
Figure 2 : Connectique en hexagone externe des implants zygomatiques de Nobel Biocare.....	20
Figure 3 : (a) Vue latérale d'un crâne objectivant la trajectoire d'un implant zygomatique.....	21
(b) Schématisation de la stabilisation quadri-corticale (flèches noires) de l'implant zygomatique.....	21
Figure 4 : Tableau récapitulatif résumant les structures traversées par l'implant zygomatique et les complications potentielles associées	22
Figure 5 : Schématisation de la vue externe de l'os maxillaire	23
Figure 6 : Schématisation d'une coupe sagittale réalisée au niveau du sinus maxillaire.	24
Figure 7 : Vue inféro-latérale du maxillaire montrant les rapports d'un implant zygomatique avec la fosse infra-temporale	26
Figure 8 : Représentation de la région infra-orbitaire, avec le foramen infra-orbitaire duquel émerge le pédicule vasculo nerveux infra-orbitaire.....	27
Figure 9 : Dissection de l'os maxillaire dévoilant le pédicule vasculo-nerveux infra-orbitaire et ses ramifications sur la face antérieure du maxillaire.	28
Figure 10 : Vue frontale d'un crâne sur laquelle sont tracées les trajectoires antérieures (AB) et postérieures (CD) des implants zygomatiques.	29
Figure 11 : Coupe frontale issue d'un scanner de la face, sur laquelle nous pouvons observer une sinusite impliquant les sinus maxillaire, éthmoïdal et frontal gauches.	33
Figure 12 : Photographie objectivant une déhiscence vestibulaire sur l'implant zygomatique en position incisivo-canine dans le secteur droit.	36
Figure 13 : Coupes frontales de la paroi antérolatérale du sinus maxillaire, issues d'un examen CBCT.	37
Figure 14 : Dissection de la face infra-temporale du maxillaire laissant transparaitre les branches médiales du pédicule alvéolaire postéro-supérieur.....	38
Figure 15 : Vues schématisées des faces externe et interne de l'os zygomatique. ..	39

Figure 16 : Vue latérale du rebord zygo-maxillaire.	40
Figure 17 : Représentation schématique des insertions du muscle masséter et du muscle temporal.....	41
Figure 18 : Vue antérieure de la région orbitaire montrant le passage du nerf infra-orbitaire à travers le sillon infra orbitaire suivi du canal homonyme pour enfin gagner le foramen infra-orbitaire.....	42
Figure 19 : Représentation schématique de l'os zygomatique divisé en trois régions d'intérêt autour des points jugal (Ju), médian (middle point) et zygo-maxillaire (Zm)	44
Figure 20 : Quadrillage de l'os zygomatique en 13 sections numérotées, selon la méthode de Rigolizzo <i>et al.</i> , afin de définir les sites d'émergence implantaire susceptibles d'apporter la plus grande stabilité primaire.	46
Figure 21 : (a) Identification d'une lésion apicale radio-claire d'un implant zygomatique sur une coupe frontale d'un CBCT ; (b) Fistule cutanée observée dans la région zygomatique gauche.....	47
Figure 22 : (a) Coupe frontale d'un CBCT montrant le dépassement apical de l'implant zygomatique gauche. (b) Exposition extra-orale et découpe de l'apex d'un implant zygomatique gauche.....	48
Figure 23 : Fracture d'un implant zygomatique objectivé sur une radio panoramique	49
Figure 24 : Représentation anatomique du corps adipeux de la joue et de ses extensions.....	51
Figure 25 : Dissection de la région orbitaire, révélant ses rapports avec l'os zygomatique	52
Figure 26 : Implications oculaires lors de la pose d'implants zygomatiques.....	53
Figure 27 : Cas d'un patient chez qui le muscle droit latéral de l'œil a été sectionné suite à la pose trop médiale d'un implant zygomatique : ce dernier a perforé le plancher de l'orbite. Une fois le muscle coupé ou désinséré, il est presque impossible de rétablir sa fonction.....	54
Figure 28 : Vue inféro-latérale d'un crâne montrant les limites de la fosse infra-temporale.....	55
Figure 29 : Passage de l'artère maxillaire dans la région infra-temporale avant de pénétrer dans la fissure ptérygo-maxillaire.....	56
Figure 30 : Radiographie panoramique permettant d'apprécier les trois régions osseuses distinctes.....	62

Figure 31 : Division de l'os alvéolaire maxillaire en trois zones, selon Bedrossian <i>et al.</i>	63
Figure 32 : Planification chirurgicale définissant l'orientation future des quatre implants zygomatiques (technique « <i>Quad-Zygo</i> ») à l'aide du logiciel CoDiagnostiX®.	66
Figure 33 : Réalisation de deux types de guides en résine acrylique : un guide radiologique (a) et un guide chirurgical (b)	67
Figure 34 : Guide chirurgical de forage pour implants zygomatiques, mis au point par le Dr Chow.	68
Figure 35 : L'incision originelle vestibulaire, de type Lefort I.	72
Figure 36 : Incision mi-crestale, depuis la papille bunoïde jusqu'à la région rétro- tubérositaire.	72
Figure 37 : Schématisation de la réclinaison latérale du lambeau au niveau du foramen infra-orbitaire, exposant le corps de l'os zygomatique.....	74
Figure 38 : Mise en place des écarteurs de type Obwegeser, élargissant le champ chirurgical.....	74
Figure 39 : Visualisation des quatre repères anatomiques après la réclinaison complète du lambeau : (1) Mur postérieur du maxillaire ; (2) Rebord zygo-maxillaire ; (3) Foramen infra-orbitaire ; (4) Incisure fronto-zygomatique.	75
Figure 40 : Réalisation d'une fenêtré osseuse sinusienne.	76
Figure 41 : Réclinaison de la membrane sinusienne à distance du mur latéral du sinus maxillaire.....	77
Figure 42 : Prévisualisation du chemin implantaire au moyen d'une fraise-boule à long col.	78
Figure 43 : Séquence instrumentale de forage pour la pose d'implants zygomatiques.	79
Figure 44 : Passage de la fraise boule à long col depuis la crête alvéolaire jusqu'à la base de l'os zygomatique.	80
Figure 45 : Préparation du trajet implantaire selon la technique « <i>Ad Modum</i> »	81
Figure 46 : Réalisation d'une rainure le long du processus zygomatique du maxillaire, selon la Sinus Slot Technique.....	82
Figure 47 : Mise en place d'un implant zygomatique selon l'approche classique extériorisée	83
Figure 48 : Préparation implantaire selon la technique extra-maxillaire, sous la forme d'un canal osseux au sein du maxillaire, en vue d'y loger un implant zygomatique. .	84

Figure 49 : (a) Réalisation d'une fenêtre osseuse décollée et surélevée ; (b) Insertion de l'implant zygomatique	85
Figure 50 : Préparation du point d'entrée coronaire intraoral de l'implant zygomatique, réalisé à la fraise-boule (flèche jaune).	87
Figure 51 : Réalisation du point d'entrée apical et extraoral de l'implant (flèche jaune) à l'aide d'une fraise-boule dans le secteur zygomatique droit.	88
Figure 52 : Les deux points préalablement préparés sont reliés par une fraise boule afin de définir le futur trajet implantaire.	89
Figure 53 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA 0.	90
Figure 54 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire postérieure de type ZAGA I.	90
Figure 55 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA II.	91
Figure 56 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA III.	91
Figure 57 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA IV.	92
Figure 58 : (a) Réalisation d'une fenêtre osseuse entre le mur latéral du sinus et l'os zygomatique ; (b) Préparation de l'implant antérieur ; (c) Préparation de l'implant postérieur ; (d) Mise en place de deux implants de chaque côté ; (e) Mise en place de piliers provisoires sur les quatre implants ; (f) Suture avant empreinte pour la prothèse provisoire.	94
Figure 59 : (a) Schématisation de l'application de la jauge de profondeur angulée ; (b) Mise en place d'une jauge de profondeur pour définir la longueur du futur implant. .	95
Figure 60 : Poignée <i>Z Handle</i> assurant l'insertion manuelle de l'implant zygomatique.	95
Figure 61 : Schématisation (a) et illustration clinique (b) de l'insertion d'un implant zygomatique au moyen de la poignée <i>Z Handle</i>	96
Figure 62 : (a) Vérification de la justesse de la position de la plateforme implantaire à l'aide du tournevis ; (b) Irrigation finale de l'apex implantaire.	97
Figure 63 : Choix et mise en place des piliers implantaires.	98
Figure 64 : Réalisation de sutures au niveau du lambeau muco-périosté avec un fil résorbable 5.0.	99

Figure 65 : Radiographie panoramique de contrôle après mise en charge provisoire.	99
Figure 66 : Recouvrement de l'implant zygomatique par une vis de couverture le temps de la cicatrisation osseuse et muqueuse.	100
Figure 67 : Mise en charge immédiate d'une prothèse provisoire en résine.	101
Figure 68 : (a) Radiographie panoramique avec le bridge définitif à armature rigide de type titane en place ; (b) Vue intra-buccale de la prothèse supra-implantaire définitive ; (c) Vue occlusale ; (d) Vue extra-buccale du sourire.	102
Figure 69 : Contrôle tridimensionnel cinq semaines après l'intervention.	115
Figure 70 : Diagramme donnant la répartition des patients dans les différents groupes ZAGA.	119
Figure 71 : Répartition des différents systèmes implantaires dans la cohorte ZAGA	120
Figure 72 : Répartition des différentes réhabilitations implantaires dans la cohorte ZAGA sous forme de diagramme.	121
Figure 73 : Graphique informant sur la distribution des systèmes implantaires dans la cohorte extra-maxillaire.....	123
Figure 74 : Graphique montrant la distribution des réhabilitations implantaires dans la cohorte extra-maxillaire.....	124
Figure 75 : Distribution des différentes complications dans la cohorte extra-maxillaire.	127
Figure 76 : Analyse de la courbe du succès implantaire des cohortes en fonction du temps par l'estimateur Kaplan-Meier.	135

Tableau 1 : Résultats cliniques de l'étude rétrospective	116
Tableau 2 : Antécédents médicaux de la cohorte ZAGA	117
Tableau 3 : Antécédents médicaux de la cohorte extra-maxillaire	118
Tableau 4 : Répartition par longueur des implants zygomatiques dans la cohorte ZAGA	122
Tableau 5 : Relation entre le nombre d'implants conventionnels et le nombre d'implants zygomatiques dans la cohorte ZAGA	122
Tableau 6 : Relation entre le nombre d'implants conventionnels antérieurs et le nombre d'implants zygomatiques dans la cohorte extra-maxillaire.....	124
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des complications survenues dans chaque cohorte.	125
Tableau 8 : Résultats de l'enquête de satisfaction subjective en fonction de la technique chirurgicale.....	128

Introduction

De nos jours, avec le vieillissement de la population, le nombre de patients édentés complets au maxillaire s'accroît considérablement. La perte d'éléments dentaires entraîne une résorption centripète de l'os maxillaire.⁽¹⁾

La gestion d'un faible volume osseux sous-sinusal et la présence d'obstacles anatomiques au maxillaire, tels que le sinus ou les fosses nasales, peuvent parfois empêcher la mise en place d'implants dits conventionnels et rend complexe la réhabilitation prothétique fixe d'une arcade édentée au maxillaire.

Les patients concernés se retrouvent alors confrontés à des problèmes de stabilité et d'esthétisme de leur prothèse amovible. Toutefois, en cas d'atrophie sévère du maxillaire, plusieurs autres solutions thérapeutiques s'offrent à eux :

- Les implants courts et angulés
- Les implants ptérygoïdiens
- Les greffes d'apposition par coffrage en 2D ou 3D
- Les comblements sinusiaux (ROG).
- Ancrage au niveau de l'os basal du zygomatique.

Cependant, certaines de ces techniques ne sont pas toujours réalisables et requièrent souvent des temps opératoires plus longs et plus conséquents. Encore aujourd'hui, les atrophies sévères du maxillaire sont généralement traitées par des greffes osseuses, dont le but est d'augmenter le volume osseux.⁽²⁾ Toutefois, ces techniques présentent des risques de comorbidités, de sensibilité et de douleurs.⁽³⁾ Les greffes d'apposition et les comblements sinusiaux nécessitent des délais de cicatrisation importants (de 4 à 12 mois) avant de pouvoir procéder à une réhabilitation prothétique fonctionnelle et esthétique. En outre, les résultats vont dépendre du potentiel de cicatrisation osseuse du patient, de son état général, de la qualité et de la quantité d'os receveur.⁽⁴⁾

Toutefois, une alternative fiable peut être avancée : l'implant zygomatique. Il s'agit d'un implant extra-long dont le concept est basé sur l'utilisation de l'arcade zygomatique comme ancrage implantaire afin de supporter une prothèse, une épithèse, ou un obturateur. En effet, cet implant est initialement destiné à la réhabilitation prothétique de patients ayant subi une maxillectomie suite une tumeur, un traumatisme ou un défaut congénital.^(2,4,5) À partir de 1997, ses indications ont été étendues aux patients partiellement ou totalement édentés présentant une atrophie sévère du maxillaire.⁽⁶⁾ Concrètement, ce concept propose de pallier la résorption osseuse sous-sinusienne par la mise en place de deux implants zygomatiques au niveau des secteurs postérieurs, associés à deux ou quatre implants standards en antérieur. Par la suite, l'approche « *Quad Zygo* » a permis d'élargir les indications aux patients présentant des maxillaires extrêmement atrophiés par l'insertion de quatre implants zygomatiques.⁽⁷⁻⁹⁾

Historiquement la mise en charge prothétique était réalisée en deux temps : les implants étaient enfouis pendant 4 mois, puis les vis de couvertures était dégagées pour placer une prothèse provisoire. Depuis 2006, de nombreux auteurs ont développé et employé la mise en charge immédiate, au moyen d'une prothèse fixe transitoire. Le développement de cette approche prothétique en fait une technique de choix dans la réhabilitation orale.⁽¹⁰⁻¹⁴⁾

D'après de récentes publications dans la littérature scientifique, les implants zygomatiques présentent un taux de survie implantaire moyen supérieur à 95%.⁽¹⁵⁻¹⁸⁾ Les études démontrent que l'ancrage zygomatique est fiable en terme d'ostéointégration et de support biomécanique. L'approche zygomatique apporte aux patients une réinsertion sociale et professionnelle rapide. En outre, elle améliore le confort et la qualité de vie du patient.⁽⁶⁾

Ce concept implantaire est né de la technique « *Ad Modum* », développée par Brånemark en 1988. Au fil des années, des améliorations ont été apportées, desquelles découlent de nouvelles approches chirurgicales, parmi lesquelles les techniques extra-maxillaire^(19,20) et ZAGA.^(3,21) Pour chacune de ces techniques, la pose d'implants zygomatiques nécessitera de la part du chirurgien une grande connaissance de l'anatomie maxillo-faciale et une formation pratique adéquate.

Dans ce travail de thèse, nous détaillerons les rapports anatomiques des implants zygomatiques et les structures à risques que le chirurgien se doit prendre en compte. Dans un second temps, nous nous attacherons à développer plusieurs techniques chirurgicales. Enfin, la dernière partie de notre travail portera sur une étude rétrospective, dont l'objectif sera la comparaison de deux techniques de chirurgie implantaire zygomatique à travers une analyse statistique des informations anatomiques, cliniques et chirurgicales recueillies auprès de 86 patients opérés. Cette étude permettra de comparer les différents protocoles, d'évaluer leurs avantages et leurs inconvénients, et ouvrira une discussion, notamment sur les complications associées aux différentes techniques.

Chapitre 1 : Spécificités anatomiques des implants zygomatiques

1 Spécificités anatomiques des implants zygomatiques

En 1988, le professeur Brånemark développe le concept d'implants extra-longues nommés implants zygomatiques, à destination de patients ayant subi des chirurgies résectrices de tumeurs. Plus tard, il élargit leur domaine d'application aux patients présentant une atrophie sévère du maxillaire accompagnée d'une pneumatisation sinusienne. Depuis lors, la bibliographie s'est grandement enrichie et montre des résultats fiables et pérennes. Les taux de succès sont compris entre 91 et 100 % selon les études.^(4,5,22)

1.1 L'implant zygomatique : description et comparaison

L'implant zygomatique diffère d'un implant conventionnel par sa longueur et son ancrage. La longueur peut être adaptée en fonction du contexte anatomique du patient, et varie entre 30 et 52,5 millimètres (sont mises à disposition du praticien les tailles 30, 35, 40, 42,5, 45, 47,5, 50 et 52,5mm).^(6,23)

Cet implant extra-long présente un trajet anatomique particulier qui s'explique par la différence de diamètre existant entre ses parties inférieure et supérieure. En effet, la portion coronaire, plus épaisse (4,4mm de diamètre), augmente la stabilité primaire de l'implant grâce à son ancrage dans l'os alvéolaire palatin. Le col de l'implant émerge au niveau de la région prémolo-molaire maxillaire et dispose d'une plateforme *regular* et d'une connectique à hexagone externe. Quant au corps de l'implant, d'un diamètre de 3,9mm, il repose sur le mur antérieur du maxillaire. Enfin, la portion apicale s'ancre dans le coin supéro-latéral de l'os zygomatique, au niveau de la corticale. Son diamètre plus fin de 2,5mm permet de préserver la densité osseuse et de réduire le risque de complications dans la région orbitaire.^(4,24)

Ce travail de thèse s'intéressera principalement au système implantaire le plus documenté dans la littérature scientifique, à savoir les implants zygomatiques de la marque Nobel Biocare. Cependant il existe d'autres systèmes tels que Neodent et Southern Implant qui ne seront pas abordés ici. Nobel Biocare propose deux systèmes

implantaires : Le *Brånemark System Zygoma* et le *Nobel Zygoma 0° ou 45°* (cf. Figure 1). Ces deux implants en titane pur se distinguent principalement par leur état de surface et par leur angulation. Le *Brånemark System Zygoma* présente une tête mousse puis, sur toute sa longueur, un état de surface TiUnite® poreux et fileté ; tandis que le filetage de l'implant *Nobel Zygoma* concerne uniquement la portion apicale, le corps de l'implant étant rugueux mais non-fileté.

Le *Brånemark Zygoma system* et *Nobel Zygoma 45°* sont tous deux des implants dont l'angulation est préalablement établie à 45°. Il est possible d'y rajouter un pilier droit, dont la hauteur est comprise entre 3 et 5 millimètres, ou un pilier *multi-unit* de 17°, d'une hauteur de 2 à 3 millimètres. Concernant le *Nobel Zygoma 0°*, celui-ci peut se connecter à des piliers *multi-unit* de 45 ou 60° dont la hauteur peut varier entre 6 et 10mm. Grâce à cette importante diversité de piliers, l'angulation peut être modulée afin d'obtenir une perpendicularité entre la connectique de l'implant et le plan d'occlusion.⁽²⁴⁾

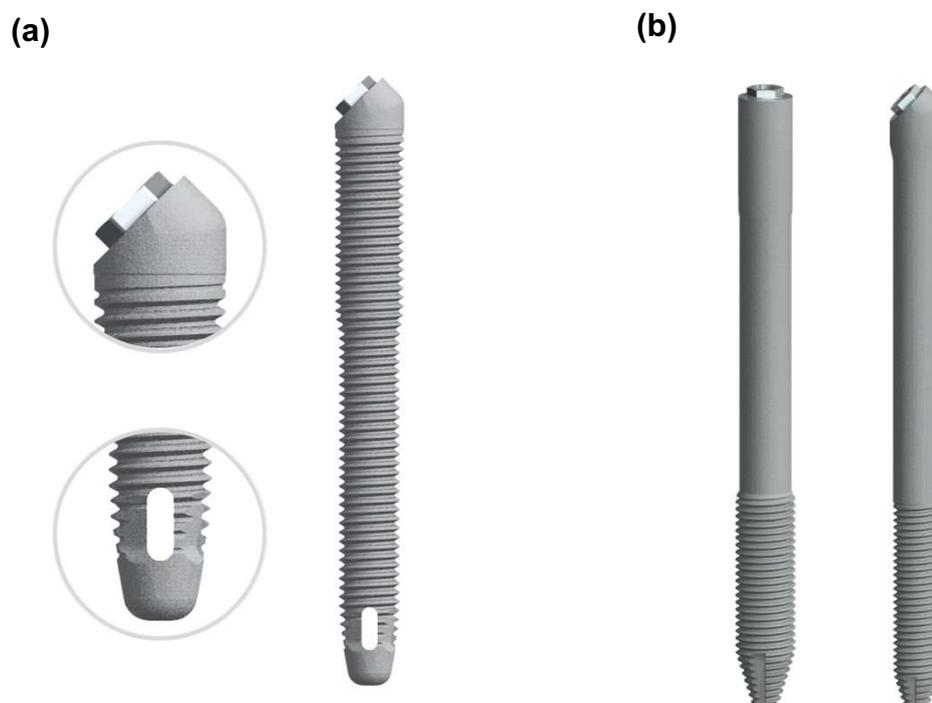


Figure 1 : Les différents systèmes d'implants zygomatiques proposés par Nobel Biocare :

(a) Brånemark System Zygoma

(b) Nobel Zygoma 0° (à gauche) et 45° (à droite).

Source : *Brånemark System® Zygoma Manual*, 2013.



Figure 2 : Connectique en hexagone externe des implants zygomatiques de Nobel Biocare
Source : Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

1.2 Structures traversées et environnement anatomique

La pose d'un implant zygomatique représente une technique chirurgicale complexe comportant entre autres des risques vasculo-nerveux. De la part du chirurgien, elle demande une grande connaissance de l'anatomie maxillo-faciale et une formation pratique adéquate.

Le trajet de l'implant zygomatique s'établit de telle sorte qu'il traverse le bord palatin de la crête alvéolaire résiduelle du maxillaire, puis la base du sinus maxillaire, le bord postéro-latéral de ce même sinus et le corps de l'os de zygomatique, pour finalement perforer la paroi corticale latérale de l'os zygomatique, en dessous de l'incisure fronto-zygomatique (*cf. Figure 2*).

La trajectoire susmentionnée permet d'obtenir une stabilisation quadri-corticale de l'implant. Cette notion doit être intégrée par le praticien afin que celui-ci puisse placer l'implant zygomatique selon la trajectoire appropriée.⁽²⁵⁾

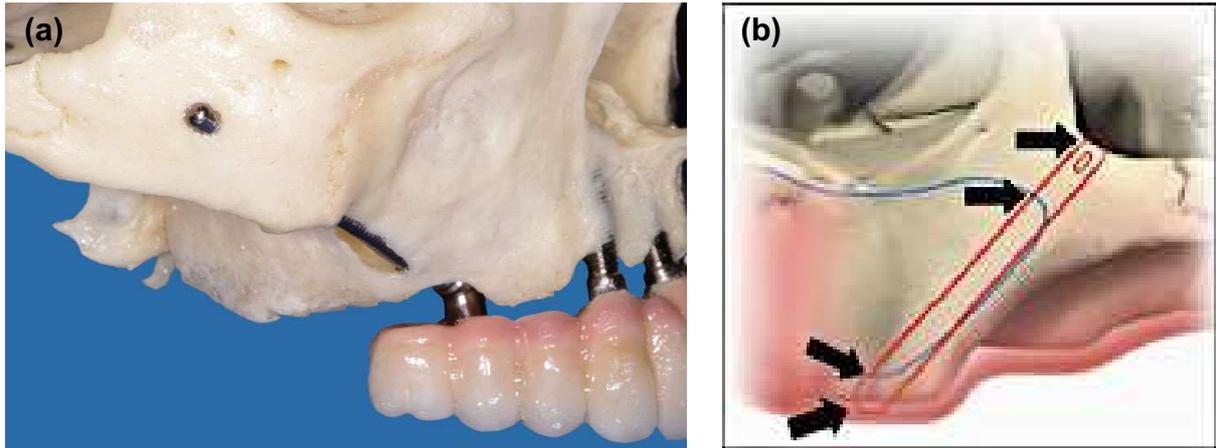


Figure 3 : (a) Vue latérale d'un crâne objectivant la trajectoire d'un implant zygomatique
 (b) Schématisation de la stabilisation quadri-corticale (flèches noires) de l'implant zygomatique.
 Source : (a) Von Arx T, Lozanoff S, 2017 ; (b) Bedrossian E et al., 2018

Ce travail décrit ici uniquement les structures anatomiques en rapport avec le trajet de l'implant zygomatique. Ci-après, un tableau récapitulatif mentionne le trajet implantaire, les structures traversées et les complications potentielles associées.

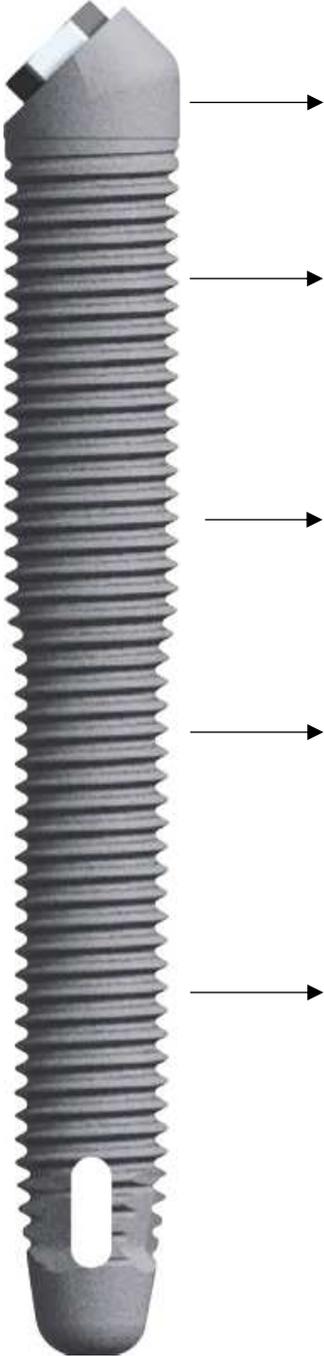
Trajet implantaire	Structures traversées	Complications potentielles associées
	<ul style="list-style-type: none"> - Crête alvéolaire - Plancher sinusien - Face antérolatérale de l'os maxillaire ou - Paroi antérolatérale du sinus maxillaire - Processus zygomatique du maxillaire/os zygomatique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur-préparation et communication bucco sinusienne (CBS) - Déchirure de la membrane de Schneider - Déchirure membrane - Infection sinusienne - Communication bucco-sinusienne - Lésion du pédicule infra-orbitaire - Lésion de l'artère alvéolo-antrale. - Perforation du plancher orbitaire. - Déviation dans la fosse infra-temporale - Larmolement permanent - Perte de sensibilité de la pommette - Fracture de l'os zygomatique - Infection sous périostée - Dépassement apical

Figure 4 : Tableau récapitulatif résumant les structures traversées par l'implant zygomatique et les complications potentielles associées

Source : Document personnel

1.2.1 L'os maxillaire et son sinus

1.2.1.1 Description de l'os maxillaire

L'os maxillaire est le premier support osseux rencontré lors de la chirurgie. L'implant zygomatique entre en contact avec le processus alvéolaire, suivi du plancher sinusien puis de la face antérolatérale du maxillaire ou du sinus et, enfin, gagne le processus zygomatique du maxillaire.

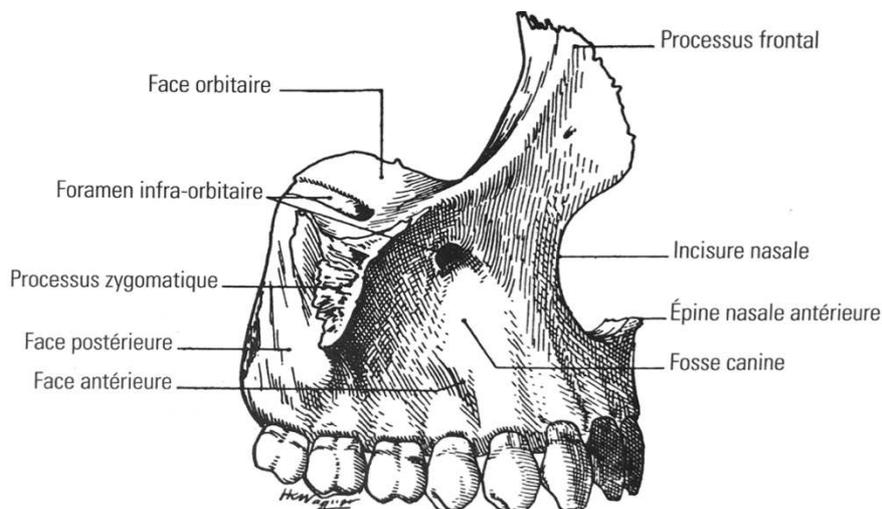


Figure 5 : Schématisation de la vue externe de l'os maxillaire.

Source: Oberlin C, Vacher C, Berthelot JL, 2004b

Le maxillaire est un os pair et symétrique qui s'articule avec l'ensemble des os de la face. Il constitue avec son homologue controlatéral l'essentiel du massif facial supérieur. L'os maxillaire prend la forme générale d'une pyramide triangulaire irrégulière.⁽²⁶⁾ Il présente :

- Une base interne séparée en deux étages par le processus palatin. La partie supérieure nasale permet la communication entre le sinus maxillaire et la cavité nasale homolatérale par le hiatus maxillaire. La partie inférieure buccale forme le palais osseux par la réunion du processus palatin en avant avec l'os palatin en arrière de la cavité buccale.⁽²⁷⁾
- Trois faces : antérolatérale, infra-temporale et orbitaire
- Un sommet tronqué

- Quatre processus : le processus alvéolaire, le processus palatin, le processus zygomatique et le processus frontal. Ensemble ils assurent l'articulation de l'os maxillaire avec les os de la face.

Par ailleurs, Il s'agit de l'os le plus volumineux de la face, mais également le plus léger proportionnellement à sa taille car c'est un os pneumatisé par une cavité aérienne. Cette cavité remplie d'air et annexée au maxillaire se nomme sinus maxillaire. Il occupe et creuse le maxillaire en son sein. Anatomiquement, les limites du sinus maxillaire correspondent aux différentes faces de l'os maxillaire dont la description sera rapportée dans ce travail de thèse.

1.2.1.2 Description du sinus maxillaire

Les sinus maxillaires sont des cavités aériennes paires et symétriques, annexées aux cavités nasales avec lesquelles elles communiquent par l'intermédiaire de l'ostium maxillaire situé au niveau du méat moyen (*cf. Figure 6*). Ils sont de dimensions variables, leur pneumatisation étant sujet à la résorption osseuse du maxillaire. Ils présentent, en moyenne, une hauteur de 36 à 45mm, une largeur de 25 à 35mm et une longueur (sens antéro-postérieur) de 38 à 45mm. À l'âge adulte, le volume d'un sinus maxillaire est de 15 cm³ en moyenne.⁽²⁸⁻³⁰⁾

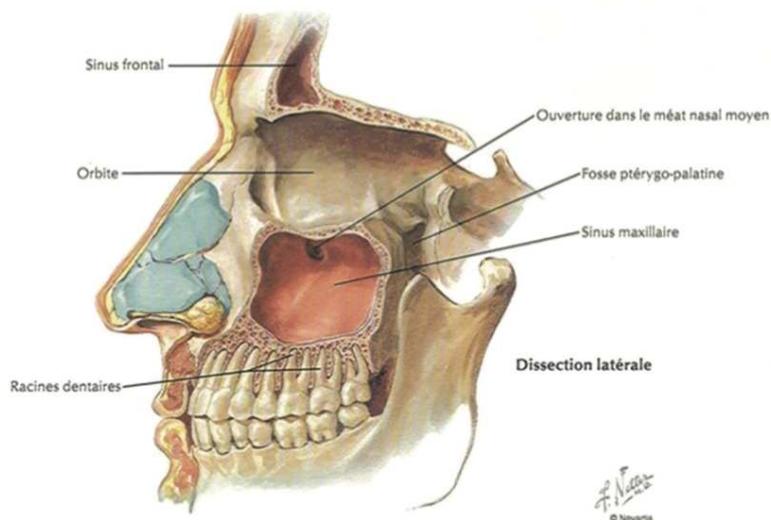


Figure 6 : Schématisation d'une coupe sagittale réalisée au niveau du sinus maxillaire.

Source : Netter F, 2015

Ces cavités aériennes sont tapissées d'une muqueuse sinusienne, appelée membrane de Schneider, d'une épaisseur moyenne de 0,8mm.⁽³⁰⁾ La muqueuse sinusienne est de type respiratoire. Elle est peu adhérente à l'os sous-jacent et participe au drainage permanent du sinus vers les cavités nasales, à travers l'ostium maxillaire. De cette manière, la membrane de Schneider agit comme une barrière immunitaire en drainant les agents infectieux qui auraient pu y proliférer.⁽³¹⁾

1.2.1.3 Repères et structures à visualiser

1.2.1.3.1 *Le mur postérieur du maxillaire*

En postérieur, le décollement méticuleux réalisé par le chirurgien permettra d'offrir un accès visuel sur la fosse infra-temporale. La face postérieure ou infra-temporale du maxillaire, très convexe en dedans, s'articule avec le processus orbitaire du palatin en haut, le processus pyramidal du palatin en bas et le processus ptérygoïde du sphénoïde en arrière. Cette face de l'os maxillaire est vascularisée et innervée par les branches du pédicule alvéolaire postéro-supérieur.⁽²⁶⁾ Elle présente deux parties :

- Une partie antérieure et latérale, légèrement concave ; associée à l'os zygomatique, ils forment la fosse maxillo-zygomatique. Celle-ci reçoit une partie de la boule graisseuse de Bichat, autrement nommée le corps adipeux de la joue.
- Une partie postérieure, convexe ; elle correspond à la tubérosité maxillaire, séparant le sinus maxillaire de la fosse infra-temporale en arrière et en dehors, et de la fosse ptérygo-palatine en arrière. Cette tubérosité marque dans sa partie postéro-latérale la coudure de l'artère maxillaire avant qu'elle ne pénètre dans la fissure ptérygo-maxillaire. Le chirurgien devra veiller à ce que la trajectoire implantaire ne soit pas trop latérale afin d'éviter tout risque de lésion de l'artère maxillaire.

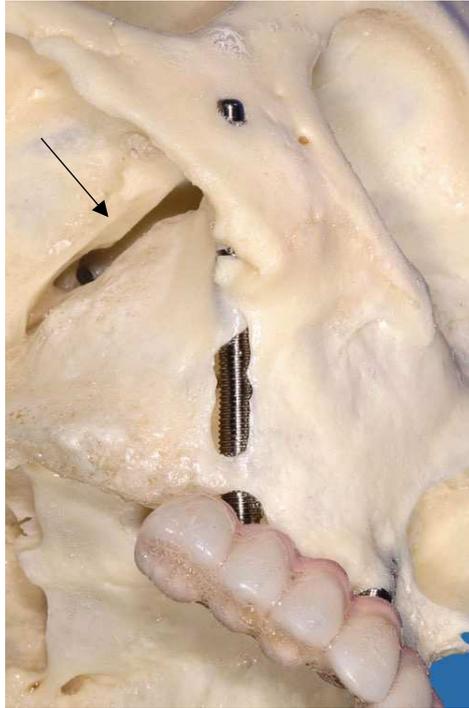


Figure 7 : Vue inféro-latérale du maxillaire montrant les rapports d'un implant zygomatique avec la fosse infra-temporale (flèche noire).

Source : Gaudy JF et al., 2011

Le trajet de l'implant zygomatique devra toujours suivre le mur postérieur du maxillaire pour ménager un espace suffisant dans l'éventualité d'un second implant zygomatique.

1.2.1.3.2 *Le foramen infra-orbitaire et son pédicule neuro-vasculaire*

Une fois la face antérolatérale du maxillaire et la partie antérieure de l'arcade zygomatique découvertes, le lambeau est repoussé délicatement vers le haut en direction de l'orbite de façon à mettre en évidence le foramen infra-orbitaire.

Considéré comme la terminaison nerveuse du nerf maxillaire, le nerf infra-orbitaire traverse la fissure orbitaire inférieure pour entrer dans l'orbite. Il émerge du foramen infra-orbitaire, au niveau de la face antérieure du maxillaire.⁽²⁶⁾ Le nerf sous-orbitaire donne naissance à plusieurs rameaux assurant l'innervation sensitive de la paupière inférieure, de la joue, de la lèvre supérieure, de la cavité nasale, de la muqueuse du sinus maxillaire, de l'arcade dentaire supérieure (de l'incisive à la prémolaire), ainsi

que la gencive et la muqueuse associées.⁽³²⁻³⁴⁾ Le nerf infra-orbitaire se trouve généralement à une distance comprise entre 6,1mm et 10,9mm du rebord infra-orbitaire. ⁽²⁵⁾

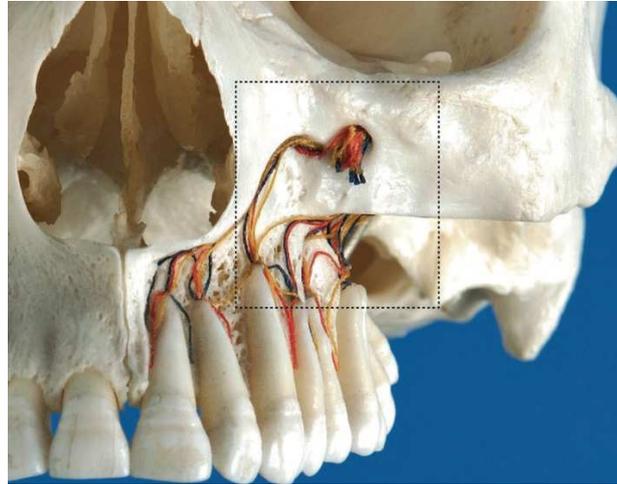


Figure 8 : Représentation de la région infra-orbitaire avec le foramen infra-orbitaire, duquel émerge le pédicule vasculo nerveux infra-orbitaire.

Source : Von Arx T, Lozanoff S, 2017

En 2012, Przygocka *et al.* ont étudié 32 crânes humains afin de localiser le foramen infra-orbitaire par rapport à trois points de référence. D'après leurs résultats, le foramen infra-orbitaire est situé en face de la seconde prémolaire maxillaire dans 50 à 55,56% des cas, et entre la première et la seconde prémolaire dans 15 à 31,6%. Par surcroît, la distance moyenne entre le sommet de l'alvéole de la première prémolaire et le foramen est de 33,4 +/- 5,2mm.⁽³³⁾ Chrcanovic *et al.*, quant à eux, suggèrent de tenir compte du sexe des patients pour la localisation du foramen infra-orbitaire ; celui-ci serait situé plus haut chez les hommes que chez les femmes. En moyenne, le foramen serait positionné 6,5mm en dessous du rebord orbitaire inférieur, 43mm en dessous du foramen supra-orbitaire et à 25mm de la ligne médiane de la face.⁽³²⁾

Par ailleurs, l'artère infra-orbitaire et la veine infra-orbitaires accompagnent le nerf infra-orbitaire à travers le sillon, le canal et le foramen homonymes. Elle donne naissance à des rameaux endo-osseux et périostés vascularisant la paupière inférieure, la lèvre supérieure, l'aile du nez et le toit du sinus.^(26,35)

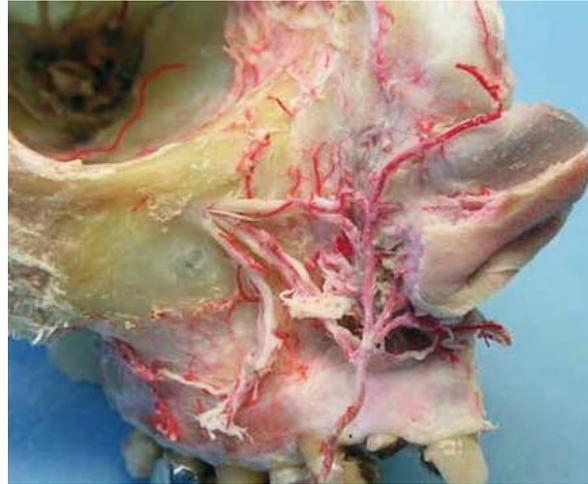


Figure 9 : Dissection de l'os maxillaire dévoilant le pédicule vasculo-nerveux infra-orbitaire et ses ramifications sur la face antérieure du maxillaire. Notons l'anastomose entre le réseau de l'artère maxillaire et celui de l'artère faciale.

Source : Gaudy JF et al., 2011

1.2.1.4 Trajet implantaire

1.2.1.4.1 *Processus alvéolaire*

Le processus alvéolaire correspond au premier point d'entrée et à la première stabilisation corticale de l'implant zygomatique. L'idée est de placer l'implant le plus proche possible du sommet de la crête de manière à ceindre dans l'os le col implantaire.

Le processus alvéolaire a la particularité de ne présenter aucune articulation. Son unique rôle est de venir supporter les dents maxillaires. Lors de la perte d'éléments dentaires, le processus alvéolaire se résorbe et forme la crête alvéolaire. Cette crête osseuse se compose d'os spongieux encadré de deux lames osseuses compactes, appelées lamina dura.⁽³⁶⁾ L'os spongieux est formé de trabécules et peut présenter différentes densités selon son maillage.⁽³⁷⁾ Bien que difficile à apprécier, la densité osseuse est un paramètre important à prendre en compte lors de l'établissement d'un plan de traitement de par son influence sur la technique chirurgicale et les délais d'ostéointégration.

L'émergence des têtes implantaires au niveau du processus alvéolaire sera située dans des régions et positions différentes selon la technique employée et le nombre d'implants zygomatiques posés.⁽³⁸⁾ Si un seul implant est placé par héli-arcade, son émergence sera située dans la région prémolo-molaire. En revanche, si deux implants sont posés, l'implant postérieur émergera au même endroit, mais l'implant antérieur, parallèle à l'implant postérieur, trouvera une émergence dans la région latéro-canine.

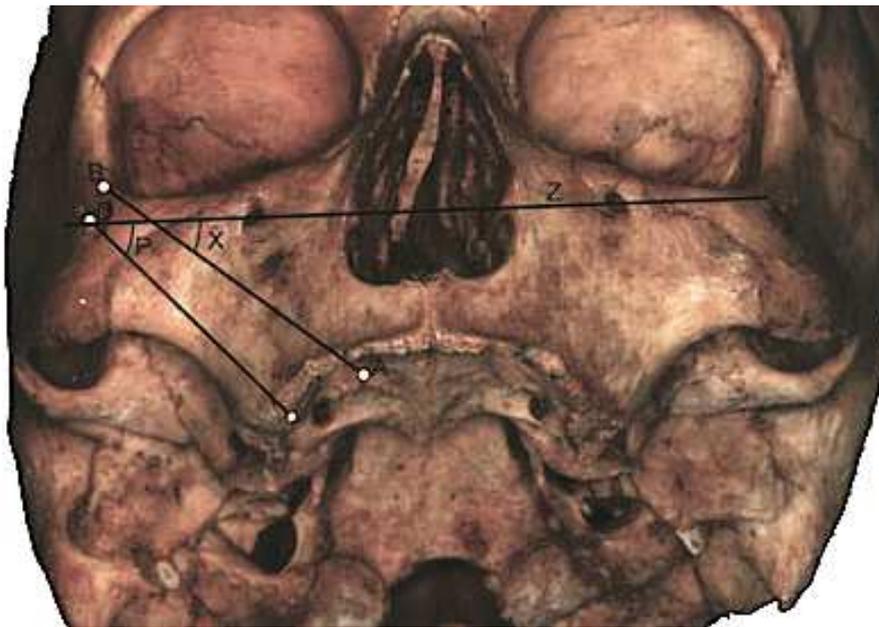


Figure 10 : Vue frontale d'un crâne sur laquelle sont tracées les trajectoires antérieures (AB) et postérieures (CD) des implants zygomatiques.

Source : Rossi M et al., 2008

1.2.1.4.2 *Plancher sinusien*

Il correspond à la partie la plus déclive du sinus maxillaire. Il surplombe les apex dentaires et est en rapport étroit avec les prémolaires et les molaires maxillaires. La relation entre les racines de ces dents et le plancher du sinus dépend du degré de pneumatisation de ce dernier. Les patients atteints d'atrophies sévères du maxillaire présentent généralement des sinus largement pneumatisés. Par conséquent le plancher sinusien se retrouve très proche du sommet de la crête osseuse. Lors de la chirurgie implantaire, le plancher sinusien et la crête alvéolaire fournissent une stabilisation bi-corticale à l'implant zygomatique. De là, selon la technique employée,

l'implant zygomatique gagnera soit la face antérolatérale du maxillaire, soit la paroi antérolatérale du sinus maxillaire.

1.2.1.4.3 *Face antérolatérale du maxillaire*

Les limites de cette face sont matérialisées par le bord infra-orbitaire en haut, l'incisure nasale en dedans et l'arcade alvéolaire en bas (cf. *Figure 5*). Légèrement concave, la face jugale s'oriente en avant et en dehors. Elle comprend le foramen infra-orbitaire et est séparée par le jugum (ou fosse de la canine), qui correspond à une saillie verticale répondant à la racine de la dent. Cet élément anatomique permet de distinguer deux champs : un champ antérieur incisif et un champ postérieur en regard de la première molaire.⁽³⁹⁾ Cette face est très importante car elle va servir de support à l'implant avant qu'il n'atteigne l'os zygomatique pour assurer une stabilité primaire suffisante. Un canal pourra être préparé au niveau de la face antérieure du maxillaire, de manière à loger l'implant zygomatique en position extra-maxillaire (technique extra-maxillaire). Par ailleurs, la trajectoire du corps de l'implant est variable : elle peut aller de complètement intra-sinusienne jusqu'à entièrement extra-maxillaire, en fonction de la relation entre le support zygomatique et le point de départ intra-oral de l'implant (correspondant aux différents stades de la technique ZAGA).

1.2.1.4.4 *Paroi antérolatérale du sinus maxillaire*

La paroi antérolatérale du sinus maxillaire se caractérise par sa finesse et sa correspondance avec la fosse canine. Anatomiquement, elle répond à la face antérolatérale du maxillaire, décrite précédemment. Elle est parcourue par les artères, les veines et les nerfs alvéolaires antéro-supérieurs, provenant des vaisseaux et nerfs infra-orbitaires.^(36,39) Dans la technique intra-sinusienne dite « *Ad Modum* », le trajet implantaire se fait le long de la paroi antérolatérale du sinus jusqu'à gagner son coin supéro-latéral, fournissant ainsi une stabilisation tri-corticale à l'implant. Ce dernier terminera son trajet dans l'os zygomatique dont il perforera la corticale externe, afin d'obtenir une stabilisation quadri-corticale. Cette préparation sera facilitée par la réalisation d'une fenêtre osseuse au niveau du processus zygomatique du maxillaire, décrit ci-après.

1.2.1.4.5 *Processus zygomatique du maxillaire*

Le processus zygomatique, d'orientation supéro-latérale, correspond à l'articulation du sommet de l'os maxillaire avec l'os zygomatique. Il revêt une importance particulière puisque le chirurgien y réalise une ostéotomie propre à chacune des techniques, pour permettre à l'implant de s'insérer en toute sécurité dans l'os zygomatique et lui assurer une stabilité primaire suffisante. D'après la technique « *Ad Modum* », une large fenêtre osseuse y est effectuée, ouvrant un accès visuel direct sur les forets et l'implant.^(24,40)

Pour la technique ZAGA, en revanche, la réalisation d'une fenêtre sinusienne n'est pas indiquée. Ne sont pratiqués que les points d'entrée alvéolaire et apical, dont la localisation dépend de la résorption de la crête alvéolaire et de la concavité du mur latéral du maxillaire.

Pour la technique extra-maxillaire, la trajectoire extra-sinusienne de l'implant zygomatique exclut bien sûr la nécessité de réaliser une telle fenêtre osseuse.

Enfin, concernant l'approche « *Quad Zygo* », qui correspond à la pose de deux implants zygomatiques dans chaque côté, la réalisation d'une petite fenêtre osseuse de 1,5 x 2 cm est conseillée pour avoir un accès visuel sur la corticale interne de l'os zygomatique afin assurer le bon positionnement de chaque implant.⁽³⁴⁾

1.2.1.5 Complications associées

1.2.1.5.1 *Perforation de la membrane de Schneider*

L'opportunité de préserver ou non l'intégrité de la membrane de Schneider lors de la pose d'implants zygomatiques peut faire l'objet d'une discussion. Néanmoins, un sinus sain est une condition indispensable à la réalisation d'une intervention chirurgicale ainsi qu'à son succès.⁽⁴¹⁾

1.2.1.5.2 *Communication bucco-sinusienne*

La communication bucco-sinusienne peut survenir chez des patients présentant un os alvéolaire très fin et entraîner ultérieurement une sinusite. Elle peut être due à une sur-préparation de l'os alvéolaire, à une résorption osseuse ou à un manque d'ostéointégration de l'implant dans sa partie palatine.⁽⁴²⁾ La fermeture des communications oro-antrales est difficile et peut se traiter par la technique de recouvrement adipeux de la joue qui donne de très bons résultats.⁽⁴³⁾ Il existe également un traitement consistant à apporter au niveau du site des protéines morphogénétiques osseuses.⁽⁴⁴⁾ Actuellement, il n'y a pas de consensus sur la meilleure manière de traiter cette complication.⁽⁹⁾

1.2.1.5.3 *Sinusite maxillaire*

D'après la littérature scientifique, une sinusite maxillaire, occasionnée par la migration de bactéries de la cavité buccale vers le sinus maxillaire, peut être due à une perforation de la membrane sinusienne, à un manque d'os maxillaire en regard de l'implant zygomatique ou à une mauvaise gestion des tissus mous lors la fermeture du site opératoire.^(4,19,45) Lors d'une chirurgie implantaire zygomatique, il arrive que des débris soient laissés dans le sinus maxillaire. Ces derniers peuvent alors migrer et bloquer l'ostium, provoquant une infection post-opératoire. Il en résulte une hypertrophie de la muqueuse sinusienne, associée à une production de mucus.⁽²²⁾

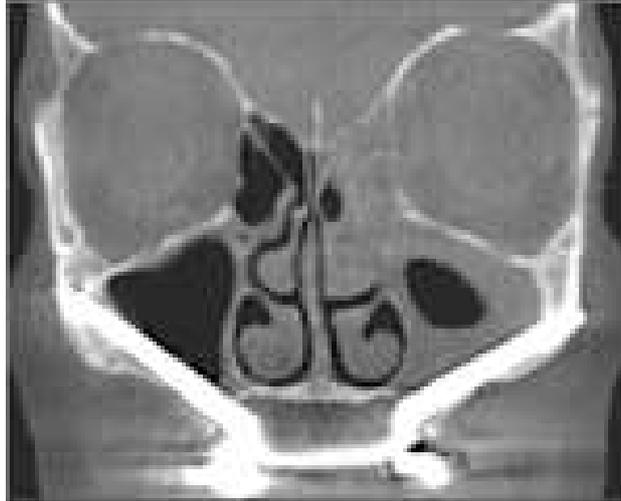


Figure 11 : Coupe frontale issue d'un scanner de la face, sur laquelle nous pouvons observer une sinusite impliquant les sinus maxillaire, éthmoïdal et frontal gauches

Source : *Bedrossian E et al., 2018*

Parmi les articles scientifiques actuellement disponibles, rares sont ceux qui établissent un lien direct entre la pose d'implants zygomatiques et l'apparition d'une pathologie sinusienne. Les implants en titane ne semblent pas agir comme des corps étrangers qui provoqueraient des sinusites chroniques en transperçant le sinus maxillaire.⁽²⁵⁾

En 2004, Petruson a mené une étude endoscopique sur 14 patients porteurs d'implants zygomatiques, afin de déterminer si une relation pouvait être établie entre la présence d'implants en titane dans le sinus et l'apparition de signes d'inflammatoires ou infectieux de la muqueuse sinusienne. D'après l'auteur, les tissus mous de la cavité buccale adhèrent étroitement au titane, constituant une barrière efficace face au processus inflammatoire. Petruson a démontré que la muqueuse sinusienne est normalement stérile. L'infection du sinus serait plutôt la conséquence d'une infection de la cavité nasale dont les bactéries se seraient propagées à travers l'ostium. L'auteur affirme finalement que le risque inflammatoire et infectieux autour d'un implant zygomatique traversant le sinus maxillaire n'est pas augmenté.⁽⁴⁶⁾

En 2006, Jung *et al.* ont réalisé une étude sur 8 chiens chez lesquels furent placés bilatéralement des implants dans le sinus maxillaire. Aucun signe clinique ni radiologique de pathologies sinusiennes ne fut rapporté. Les auteurs en ont déduit que

la présence d'un implant dans la cavité sinusienne n'entraînait pas d'augmentation du risque de complication infectieuse à cet endroit.⁽⁴⁷⁾

En 2008, Davo *et al.* rapportèrent que les sinus traversés par les implants zygomatiques semblaient garder une physiologie normale, corroborant ainsi les résultats obtenus dans les études précédemment citées. Cependant, les auteurs ont noté qu'environ 15 à 20% des patients présentaient une hypertrophie de la membrane sinusienne, sans signe clinique de sinusite associé.⁽⁴⁸⁾

En 2010, Malevez *et al.* affirmèrent une fois de plus que l'origine des sinusites ne proviendrait pas de l'implant lui-même mais d'une migration bactérienne depuis la cavité orale, à travers une communication bucco-sinusienne. Selon eux, la prévalence de la sinusite maxillaire est comprise entre 14 et 30%.⁽⁴⁹⁾

Auparavant, Becktor *et al.* avaient décrit des cas de sinusites sévères ayant entraîné le retrait de trois implants zygomatiques chez trois patients. La raison avancée pour cet échec fut un manque d'ostéointégration dans la crête alvéolaire, à l'origine d'une communication bucco-sinusienne.⁽⁴⁵⁾

La prise en charge d'une sinusite maxillaire comprend la prescription d'une antibiothérapie, la réalisation d'une intervention de débridement chirurgical du sinus (méatotomie), puis le réarrangement des tissus mous, afin de protéger l'implant et la communication bucco-sinusienne avec un tissu plus kératinisé. Aucune récurrence de sinusite n'a été constatée suite à la dispensation du traitement approprié.^(4,19,50,51) Toutefois, le risque d'infection sinusienne peut être diminué en accordant plus d'attention à la santé des sinus et à leur ventilation. L'importance de la gestion des tissus mous lors de la pose d'implants zygomatiques et les conséquences des sinusites ne doivent pas être sous-estimées. L'utilisation de la technique extra-maxillaire semble réduire le risque d'infection sinusienne. En effet, cette technique présente l'avantage de limiter l'intrusion de l'implant zygomatique au sein du sinus maxillaire, ainsi que celui de préserver la membrane sinusienne.^(19,52,53) D'autres études prospectives à long terme sont cependant nécessaires pour démontrer une corrélation entre implants zygomatiques et pathologies sinusiennes.⁽⁴⁵⁾

1.2.1.5.4 Déhiscence vestibulaire

Cette complication dépend en partie de l'approche chirurgicale choisie. Une inflammation et une rétraction tissulaire peuvent se produire autour des implants zygomatiques, en particulier lorsque ceux-ci sont placés sur la crête sans être entourés d'os. Lorsque la tête implantaire n'est pas sertie dans l'os alvéolaire (dans les cas de paroi latérale du maxillaire très concave ou de maxillectomie), la plateforme implantaire et les spires sont sous-périostées et non soutenues par l'os. Dans de telles situations cliniques, une éventuelle déhiscence en regard de l'implant peut se produire.^(25,41) Par conséquent un collet osseux recouvert de gencive kératinisée entraînera un meilleur comportement parodontal et protégera l'implant contre d'éventuelles agressions bactériennes et mécaniques.^(54,55) Il réduira la surface de contact entre la muqueuse et surface implantaire et préservera la gencive kératinisée au niveau du col implantaire, dont l'absence ou la finesse sont les principaux facteurs d'inflammations puis de récessions gingivales.

De plus, dans l'étude de Freedman *et al.*, il a été démontré que le support de l'os alvéolaire maxillaire est bénéfique dans la répartition des forces et la réduction du stress sur les implants placés en position extra-sinusienne.⁽⁵⁶⁾ De ce fait, l'ancrage de la portion apicale de l'implant dans l'os zygomatique combiné à une stabilisation du col implantaire dans l'os crestal permettrait une meilleure distribution des contraintes mécaniques occlusales et latérales.^(56,57)

Enfin, certains auteurs pensent que l'exposition intra-buccale du col et des spires implantaires est due à une traction musculaire sur les tissus mous non-attachés du vestibule, provoquant une irritation de la partie sous-périostée de l'implant et entraînant par conséquent une déhiscence vestibulaire.⁽²⁵⁾



Figure 12 : Photographie objectivant une déhiscence vestibulaire sur l'implant zygomatique en position incisivo-canine dans le secteur droit.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Raphael Bonnet

Plusieurs possibilités s'offrent au chirurgien pour prévenir cette complication potentielle. Des implants zygomatiques dépourvus de spires dans leur deux tiers coronaires ont été conçus dans le but de minimiser les complications au niveau des tissus mous (*cf. Figure 1*).^(9,58) Il a été démontré qu'il existe normalement une attache gingivale dans cette région implantaire.⁽¹⁹⁾ Certains auteurs recommandent également l'utilisation du corps adipeux de la joue pour épaissir les tissus en regard du col de l'implant et éviter un frottement direct avec la surface implantaire.^(59,60)

Ainsi, le chirurgien doit garder à l'esprit que, si l'anatomie du patient impose une approche extra-maxillaire, il est essentiel que l'implant soit réellement encastré dans le maxillaire au lieu d'être uniquement contre sa face latérale. Le patient doit être prévenu d'une éventuelle exposition de l'implant et de la nécessité d'une hygiène adaptée. Ce souci du maintien d'un volume osseux et gingival suffisant autour du col implantaire implique une conception prothétique optimale, afin de faciliter l'hygiène et la maintenance.⁽⁶¹⁾

1.2.1.5.5 Lésion de l'artère alvéolo-antrale

Lors de la réalisation de la fenêtre osseuse, une lésion de l'artère alvéolo-antrale peut subvenir. L'artère alvéolo-antrale naît d'une boucle anastomotique entre l'artère alvéolaire supéro-postérieure et l'artère infra-orbitaire. Son trajet est intra-osseux : elle chemine dans la paroi latérale du sinus maxillaire.^(36,39) Elle représente un risque hémorragique lors de la pose d'implants zygomatiques. Un dispositif d'électrocoagulation peut être indiqué, afin de faire face à une éventuelle lésion de cette artère. Afin de réduire le risque d'accident, la position de l'artère alvéolo-antrale pourra être anticipée avant la chirurgie, grâce à un examen radiographique tridimensionnel préopératoire.^(35,39,62)



Figure 13 : Coupes frontales de la paroi antérolatérale du sinus maxillaire, issues d'un examen CBCT. Il est possible d'observer l'artère alvéolo-antrale, résultant de l'anastomose de l'artère infra-orbitaire et de l'artère alvéolaire supéro-postérieure.

Source : Rosano G et al., 2010

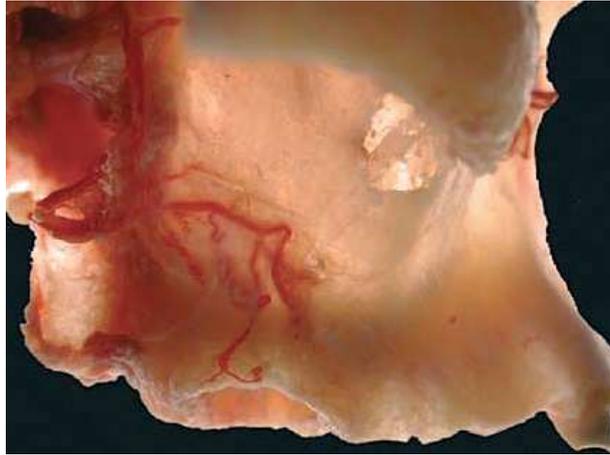


Figure 14 : Dissection de la face infra-temporale du maxillaire laissant transparaitre les branches médiales du pédicule alvéolaire postéro-supérieur.

Source : Gaudy JF et al., 2011

1.2.1.5.6 Lésion du nerf infra-orbitaire

Le nerf infra-orbitaire et son foramen entraînent des implications cliniques pour la pose d'implants zygomatiques, que ce soit au moment de l'anesthésie, de la réalisation du lambeau, ou de l'acte chirurgical à proprement parler. En effet, l'injection d'anesthésique local se fait en différents points, notamment dans la région sous-orbitaire. Le chirurgien palpe le rebord infra-orbitaire afin de localiser le foramen, puis insère l'aiguille vers le haut pour anesthésier le bloc infra-orbitaire.⁽³²⁾ D'autres précautions doivent être prises lors de la dissection chirurgicale de la région orbitaire. Au cours de l'intervention, le nerf infra-orbitaire peut être endommagé par une dissection sous-périostée maladroite et excessive ou une section accidentelle. Il peut également être compressé par une utilisation inconsidérée et inadéquate des écarteurs. Un geste chirurgical mal maîtrisé peut donc être directement responsable d'une paresthésie, anesthésie ou encore dysesthésie.⁽²⁵⁾ Dans certains cas, ces paresthésies sont transitoires et se résolvent d'elles-mêmes.^(15,42)

1.2.2 Os zygomatique

1.2.2.1 Description

Accompagné de l'os maxillaire, l'os zygomatique sert de support à la pose d'implants zygomatiques en assurant leur ancrage apical. Également appelé l'os malaire, cet os pair et symétrique constitue l'essentiel du squelette de la joue.

Il prend la forme d'un quadrilatère irrégulier et participe à la formation de la cavité orbitaire, de la fosse infra-temporale et de la fosse ptérygo-palatine, par l'intermédiaire de ses processus orbitaire, frontal, et maxillaire. L'os zygomatique présente trois faces, quatre bords, quatre angles et trois processus.⁽⁶³⁻⁶⁵⁾

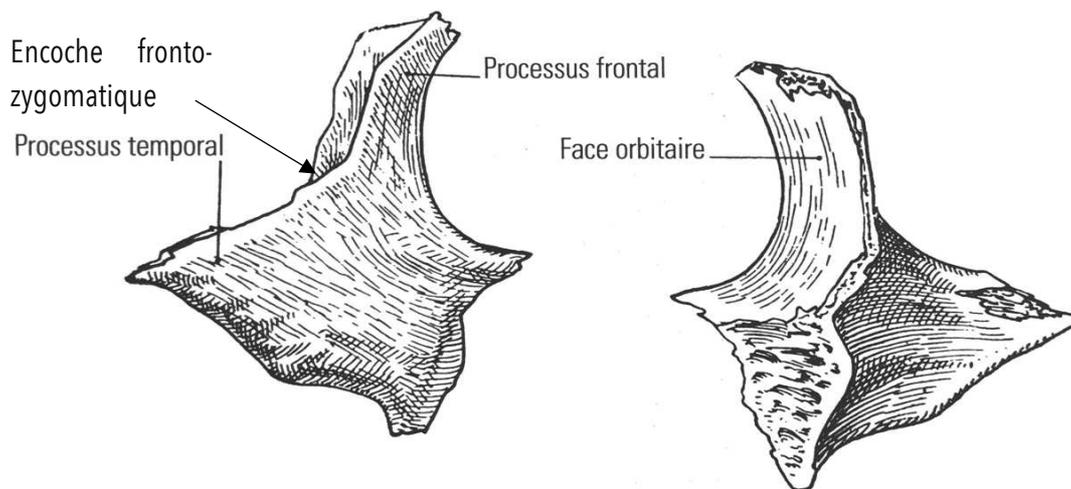


Figure 15 : Vues schématisées des faces externe et interne de l'os zygomatique.

Source: Oberlin C, Vacher C, Berthelot JL, 2004b

Notre intérêt se portera essentiellement sur la face latérale, ou face malaire, de l'os zygomatique, car elle est traversée par la portion apicale des implants zygomatiques. Cette surface triangulaire est convexe et lisse. Elle est recouverte par les téguments de la joue et comprend les insertions des muscles grand et petit zygomatiques ainsi que celles du muscle masséter. Elle est perforée en son centre par le foramen zygomatiko-facial, situé en bas et en arrière de l'incisure orbitaire (*cf. Figure n°18*). Dans une étude menée sur quatorze cadavres, Van Steenberghe et Malevez ont démontré que la quantité d'os disponible au niveau de l'os zygomatique est en

moyenne de 14mm de hauteur, 8mm dans le plan frontal et 20,5mm dans le plan sagittal, ce qui permet la plupart du temps de positionner deux implants zygomatiques par coté.^(14,66)

1.2.2.2 Repères et structures à visualiser

1.2.2.2.1 *Le rebord zygo-maxillaire et l'arcade zygomatique*

Après avoir été décollé au niveau du mur postérieur du maxillaire, le lambeau est étendu jusqu'à la partie antérieure de l'arcade zygomatique. L'arcade zygomatique est formée par l'articulation du processus temporal de l'os zygomatique avec le processus zygomatique de l'os temporal. Le chirurgien se sert du rebord zygo-maxillaire comme point de repère pour réaliser l'ostéotomie primaire à proximité.

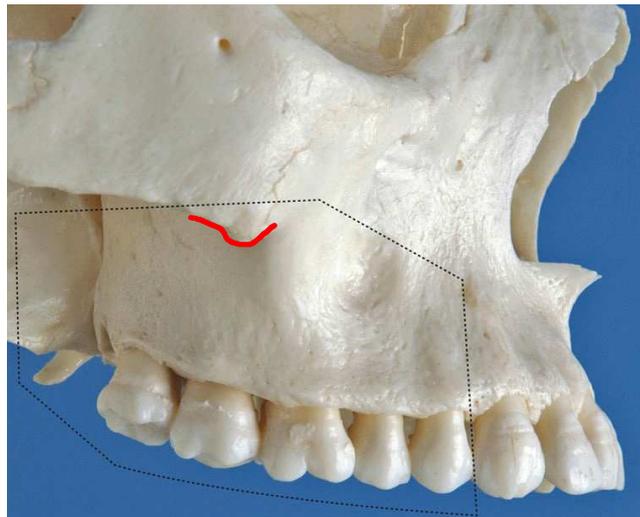


Figure 16 : Vue latérale du rebord zygo-maxillaire, indiqué par le tracé rouge.

Source : Von Arx T, Lozanoff S, 2017

Par ailleurs, une structure musculaire importante à considérer dans cette région est l'insertion des fibres musculaires du masséter. Le masséter est un puissant muscle de la mastication, épais et de forme rectangulaire. Il s'étend presque verticalement depuis le processus zygomatique du temporal et la face latérale de l'os zygomatique jusqu'à l'angle de la mandibule. On lui connaît classiquement deux faisceaux, l'un superficiel, l'autre profond.⁽⁶³⁾

Quelques-unes des fibres musculaires du masséter sont coupées lors de la réalisation du lambeau, afin d'exposer la partie antérieure de l'arcade zygomatique. ⁽⁴⁾ Lors de la réclinaison du lambeau muco-périosté, le chirurgien devra veiller à ne pas décharger de façon excessive les insertions musculaires du masséter, ce qui pourrait occasionner un saignement abondant.⁽³⁴⁾

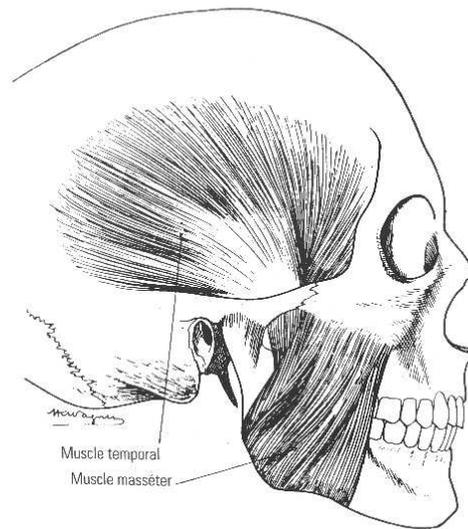


Figure 17 : Représentation schématique des insertions du muscle masséter et du muscle temporal.

Source: Oberlin C, Vacher C, Berthelot JL, 2004b

1.2.2.2.2 L'encoche fronto-zygomatique

Lorsque le corps de l'os zygomatique est exposé, les tissus mous doivent être maintenus écartés au niveau de l'incisure fronto-zygomatique pour garantir un champ chirurgical étendu. L'encoche fronto-zygomatique naît de la réunion du processus temporal et du processus frontal de l'os zygomatique (cf. Figure n°8). Cette encoche reçoit un écarteur type Obwegeser qui va jouer deux rôles : d'une part il protège les tissus mous de la séquence de forage et d'autre part il permet au chirurgien de visualiser la portion apicale de l'implant lors de la perforation de l'os zygomatique.^(4,24)

1.2.2.2.3 Le rebord inféro-latéral de l'orbite

Le rebord inféro-latéral de l'orbite est un repère anatomique-clé pour la chirurgie implantaire zygomatique. Il est constitué de la face orbitaire de l'os maxillaire et de la face orbitaire du zygomatique. Ensemble ils forment le plancher et le bord latéral de la cavité orbitaire.^(26,35)

La face orbitaire du maxillaire est de forme triangulaire à base antérieure, fine et relativement lisse. Elle est orientée en avant et en dehors, légèrement inclinée vers le bas. Elle constitue la majeure partie du plancher de l'orbite. Ce dernier est complété par le processus orbitaire du palatin à l'arrière et par la face orbitaire de l'os zygomatique latéralement. À partir de son bord postérieur débute le sillon infra-orbitaire qui se poursuit en avant par le canal infra-orbitaire, dans lequel chemine le nerf du même nom avant d'émerger par le foramen infra-orbitaire au niveau de la face antérieure du maxillaire (cf. Figure n°19).⁽⁶³⁾

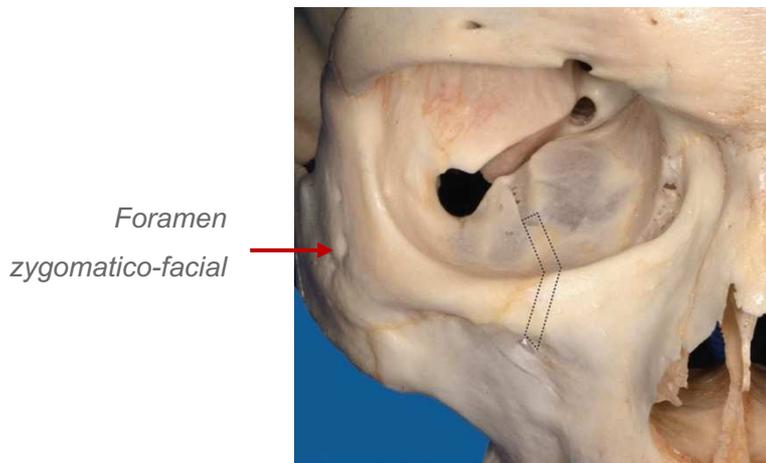


Figure 18 : Vue antérieure de la région orbitaire montrant le foramen zygomatico-facial, et le passage du nerf infra-orbitaire à travers le sillon infra-orbitaire suivi du canal homonyme pour enfin gagner le foramen infra-orbitaire.

Source : Von Arx T, Lozanoff S, 2017

La face orbitaire de l'os zygomatique se compose de deux segments : l'un antérieur, triangulaire, de surface rugueuse, venant s'articuler avec l'os maxillaire ; l'autre postérieur, concave et lisse, qui se joint au bord antérieur de la grande aile du sphénoïde. Ensemble ils forment la paroi latérale de la cavité orbitaire. Cette surface

orbitaire contient le foramen zygomatco-orbitaire à travers lequel passe le nerf zygomatique pour pénétrer dans la cavité orbitaire et gagner l'os zygomatique. Il s'agit d'une branche du nerf maxillaire qui, dans l'os zygomatique, se divise en un nerf zygomatco-facial et un nerf zygomatco-temporal. Émergeant chacun par leur foramen homonyme, ces nerfs assurent l'innervation sensitive des téguments de la pommette depuis sa région zygomatique jusqu'à la région temporale antérieure.^(26,34,63) De plus, un rameau annexe provenant du nerf zygomatco-temporal s'anastomose avec le nerf lacrymal, lui-même issu du nerf ophtalmique (V₁), pour l'innervation autonome de la glande lacrymale.

Le rebord inféro-latéral de la cavité orbitaire joue donc deux rôles importants lors de la pose d'implants zygomatiques :

- D'une part, le chirurgien l'emploie comme un repère anatomique lors de la séquence de forage pour éviter une perforation du plancher orbitaire et une lésion du contenu de la cavité orbitaire
- D'autre part, le rebord inférieur de la cavité orbitaire sert de guide dans l'approche « *Quad Zygo* » pour la pose de l'implant zygomatique antérieur. En effet, le forage zygomatique devra suivre à distance le rebord inférieur de l'orbite.

1.2.2.3 Trajet implantaire en fonction de la structure et de la topographie de l'os zygomatique

L'os zygomatique présente une corticale osseuse de 1 à 2 mm d'épaisseur, entourant un os spongieux dont la densité augmente depuis la suture zygomatco-maxillaire en avant jusqu'à l'incisure temporale en arrière. Cette différence de densité s'explique par le fait que les forces masticatoires exercées par le muscle zygomatique et le masséter sur l'os malaire sont plus importantes dans sa région postérieure.⁽⁶⁷⁾ Cette constitution a conduit à choisir cette zone comme point d'ancrage lors de la pose d'implants zygomatiques, en particulier lorsque le processus alvéolaire de l'os maxillaire présente un degré élevé de résorption.^(35,53)

Plusieurs auteurs ont étudié la structure interne de l'os zygomatique. Les résultats de leurs recherches ont permis d'améliorer la technique chirurgicale : la position et la trajectoire idéales de l'implant, le pronostic de ce type de traitement. En 2005, Kato et

al. ont mené une étude sur 28 arcades zygomatiques issues de cadavres édentés totaux au maxillaire. En recourant à la micro-tomodensitométrie tridimensionnelle, ils ont pu analyser la structure interne de l'os zygomatique dans tous les plans de l'espace et évaluer ses rapports avec les implants zygomatiques.⁽⁶⁷⁾

À partir de leurs observations, ils ont défini trois points anthropométriques de référence (cf. Figure n°19) :

- Le **point jugal** : point le plus concave entre le bord supéro-latéral de l'os zygomatique et le bord supérieur de l'arcade zygomatique
- Le **point zygo-maxillaire** : point le plus bas de la suture zygomatoco-maxillaire
- Le **point médian** : point situé au milieu de la droite s'étendant du point jugal au point zygo-maxillaire.

L'os zygomatique est ainsi divisé en trois régions : la région à proximité du point jugal, la région proche du point zygo-maxillaire et la région située autour du point médian.

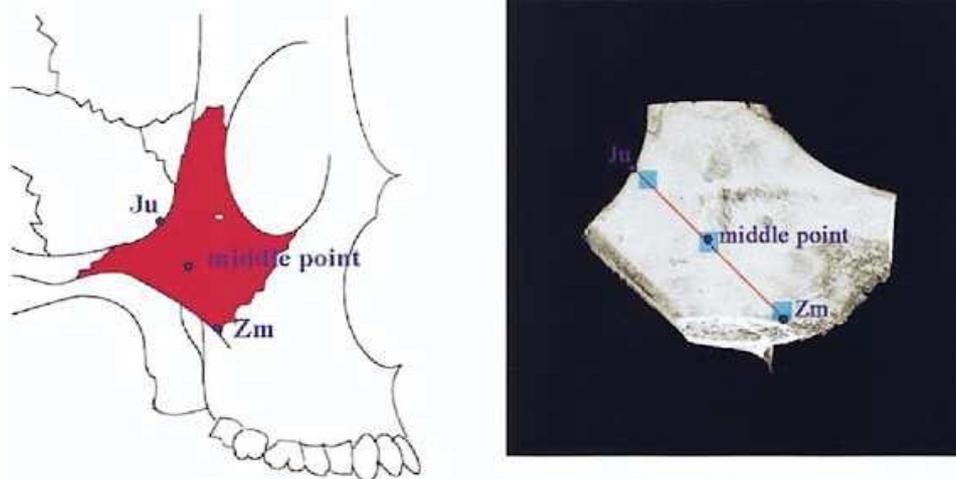


Figure 19 : Représentation schématique de l'os zygomatique divisé en trois régions d'intérêt autour des points jugal (Ju), médian (middle point) et zygo-maxillaire (Zm).

Source : Kato Y *et al.*, 2005

La micro-tomodensitométrie fournit des données quantitatives objectives et détaillées sur la structure osseuse. Les résultats de l'analyse morphométrique montrent que la densité trabéculaire de l'os zygomatique est plus élevée dans la région du point jugal que dans les autres ; dans cette zone, les trabécules se présentent sous forme de plaques épaisses, alors qu'elles sont composées de fines tiges dans le reste de l'os

zygomatique. D'après les résultats de l'étude, la présence de trabécules osseuses plus larges et plus épaisses à cet endroit favorise la stabilité primaire des implants zygomatiques. Une fois leur ostéointégration achevée, cet épaississement permet de supporter et de répartir les forces occlusales sur l'ensemble de l'os zygomatique.

D'autre part, Nkenke *et al.* ont étudié trente os zygomatiques d'hommes et de femmes par analyse tomographique et histomorphométrique assistée par ordinateur. Le but de cette étude était d'évaluer la morphologie et la microarchitecture de l'os zygomatique en vue d'y mettre en place des implants. La densité osseuse, le volume et la forme des trabécules au sein de l'os zygomatique ont été quantifiés. Les résultats n'attestent d'aucune différence significative de densité osseuse entre les sexes. Par ailleurs, l'étude révèle que la trabéculatation osseuse de l'os zygomatique seule ne suffit pas à stabiliser l'implant zygomatique. Cependant, le succès d'une chirurgie implantaire zygomatique pourra être assurée en utilisant une stabilisation quadri-corticale autour de l'implant.⁽⁶⁸⁾

Chez les patients ayant subi une chirurgie ablative d'une tumeur maxillaire, le taux de succès d'implants ancrés uniquement dans l'os zygomatique est compris entre 65% et 75%.⁽⁶⁹⁾ Les pourcentages sont nettement meilleurs (plus de 80%) chez des patients présentant une résorption sévère du processus alvéolaire maxillaire ; en plus de l'ancrage zygomatique, l'implant bénéficie d'appuis contre le plancher sinusien et la crête alvéolaire palatine. Ces supports multiples accroissent sa stabilité.⁽⁷⁰⁾

Remarque : Rappelons que, dans des conditions optimales, le succès thérapeutique est de 91% à 100% selon les études.^(4,5,22)

Rigolizzo *et al.* ont également étudié l'anatomie de l'os zygomatique, dans le but d'identifier la zone d'ancrage optimale pour les implants zygomatiques. À cet égard, ils ont divisé l'os concerné en 13 sections numérotées, puis ont reporté sur ce quadrillage l'émergence de chaque implant (*cf. Figure 21*).⁽⁷¹⁾ Après l'analyse de 120 os zygomatiques sur crânes secs, ils ont conclu sur la supériorité des régions 5 et 8 ; celles-ci étant plus épaisses, elles seraient logiquement plus appropriées pour la pose d'implants zygomatiques. Cependant, les auteurs n'ont pas évalué la qualité de l'os et n'ont pas pris en compte la pneumatisation du sinus.

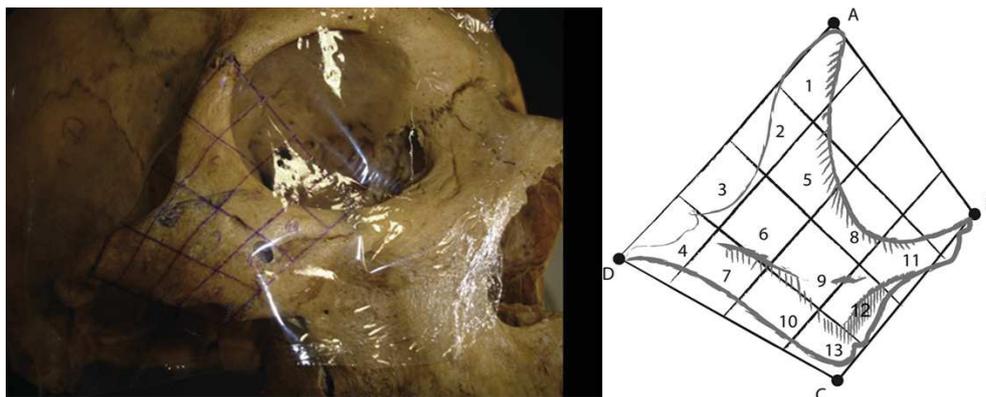


Figure 20 : Quadrillage de l'os zygomatique en 13 sections numérotées, selon la méthode de Rigolizzo *et al.*, afin de définir les sites d'émergence implantaire susceptibles d'apporter la plus grande stabilité primaire.

Source : Corvello PC *et al.*, 2011

L'opinion de Rigolizzo *et al.* au sujet des sites d'émergence implantaire optimaux n'est soumis à aucun consensus, et les avis sur la question diffèrent.⁽⁷¹⁾ En effet, d'après le Brånemark System Manual, Brånemark *et al.* estiment que les régions 5, 6, 8 et 9 présentent le meilleur potentiel de stabilisation des implants zygomatiques.⁽²⁴⁾ Corvello *et al.*, quant à eux, soutiennent que l'implantation a généralement lieu au niveau des sites 9 et 12, quelle que soit la technique chirurgicale employée (technique originelle de Brånemark ou technique extra-sinusienne).⁽⁷²⁾

1.2.2.4 Complications

1.2.2.4.1 *Infection sous-périostée*

Lors de la préparation implantaire, des débris et fragments osseux issus de l'os alvéolaire, du sinus ou encore du corps de l'os zygomatique peuvent s'accumuler et se loger sous le périoste associé à l'os mailaire. Si une irrigation abondante n'est pas réalisée avant de retirer les écarteurs, une infection sous-périostée, accompagnée ou non d'une fistule cutanée, risque de se produire et nécessitera une incision et un drainage, couplés à un traitement antibiotique (*cf. Figure 21*). Si l'infection persiste, l'apex de l'implant est sectionné et le granulome cureté.^(9,25,73,74)

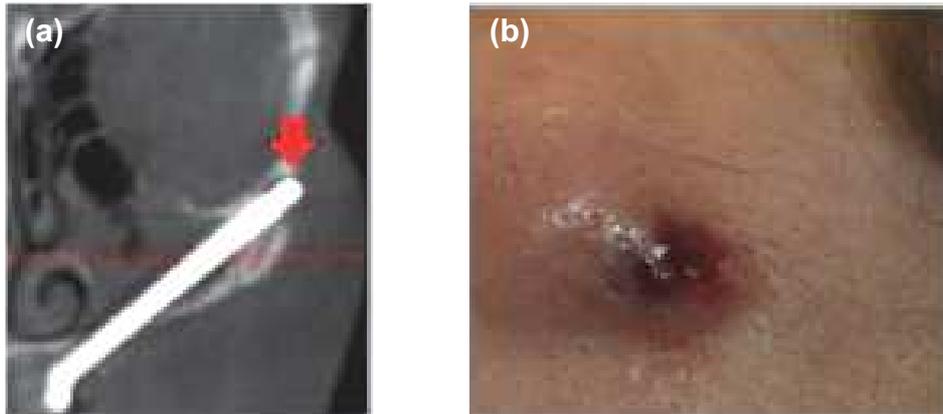


Figure 21 : (a) Identification d'une lésion radio-claire dans la zone apicale d'un implant zygomatique sur une coupe frontale d'un CBCT ; (b) Fistule cutanée observée dans la région zygomatique gauche.

Source : Bedrossian et al., 2018

1.2.2.4.2 *Dépassement apical de l'implant zygomatique*

Une mauvaise orientation ou un positionnement incorrect de la jauge de profondeur peut entraîner une lecture sous-estimée de la longueur réelle de la préparation implantaire. Il en résulte un dépassement de l'implant zygomatique à travers la corticale de l'os malaire. Si les tissus mous sus-adjacents des joues sont relativement fins, la partie apicale qui fait saillie peut être ressentie. En cas de gêne pour le patient, la pointe de l'implant qui s'étend au-delà de la corticale peut être sectionnée et retirée après la période d'ostéointégration.^(25,75)

Le retrait de l'apex implantaire est facilement réalisable par une approche extra-orale ou par une incision vestibulaire intra-orale. La découpe de la partie irritante se fait à l'aide d'une fraise en carbure de tungstène avec une irrigation abondante (cf. Figure 22). Cependant, si un dépassement important est observé immédiatement en post-opératoire, il est conseillé de retirer directement l'implant et de le remplacer par un implant zygomatique plus court.⁽²⁵⁾

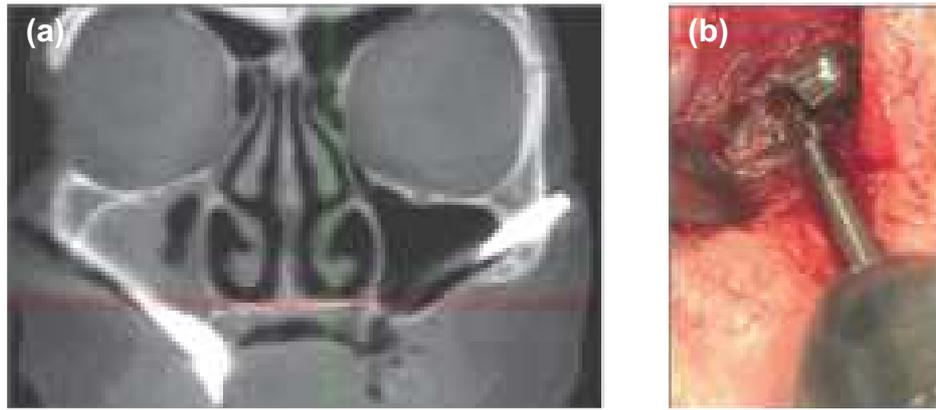


Figure 22 : (a) Coupe frontale d'un CBCT montrant le dépassement apical de l'implant zygomatique gauche. (b) Exposition extra-orale et découpe de l'apex de l'implant zygomatique en question.

Source : Bedrossian et al., 2018

1.2.2.4.3 *Fracture de l'os zygomatique*

Lors de la pose de deux implants zygomatiques du même côté, il arrive que l'os zygomatique fracture, lorsque celui-ci est trop mince et étroit. Le praticien peut décider d'enfouir les implants ou de les mettre en sous-occlusion, dans le but d'obtenir leur ostéointégration et de temporiser jusqu'à la cicatrisation osseuse.

1.2.2.4.4 *Fracture d'un implant zygomatique.*

La fracture d'un implant zygomatique peut se produire lorsque ce dernier est positionné de manière inappropriée. Des contraintes occlusales et latérales élevées s'appliquent alors au niveau de la connectique et de la prothèse.⁽⁷⁶⁾ L'émergence implantaire doit être située le plus distalement possible, au centre de la crête alvéolaire, afin d'éviter les bras de levier méso-distal et vestibulo-palatin.⁽³⁴⁾ Ce type de complication est rare et peu décrit dans la littérature.^(9,25) Il existe deux options pour la gestion de tels cas:

- La première option consiste à sectionner l'implant fracturé à la base de l'os zygomatique, en laissant la partie apicale de l'implant ostéointégré à l'intérieur du corps de l'os malaire. Un nouvel implant pourra être mis en place dans le même temps chirurgical, et la prothèse fixe pourra être réutilisée.

- La seconde option est de retirer l'implant zygomatique fracturé et de le remplacer par un nouvel implant ; soit immédiatement, soit trois mois plus tard. La dépose de l'implant se fait dans le sens anti horaire et nécessite de la part du chirurgien une grande prudence, car la portion apicale est ostéointégrée dans l'os zygomatique.

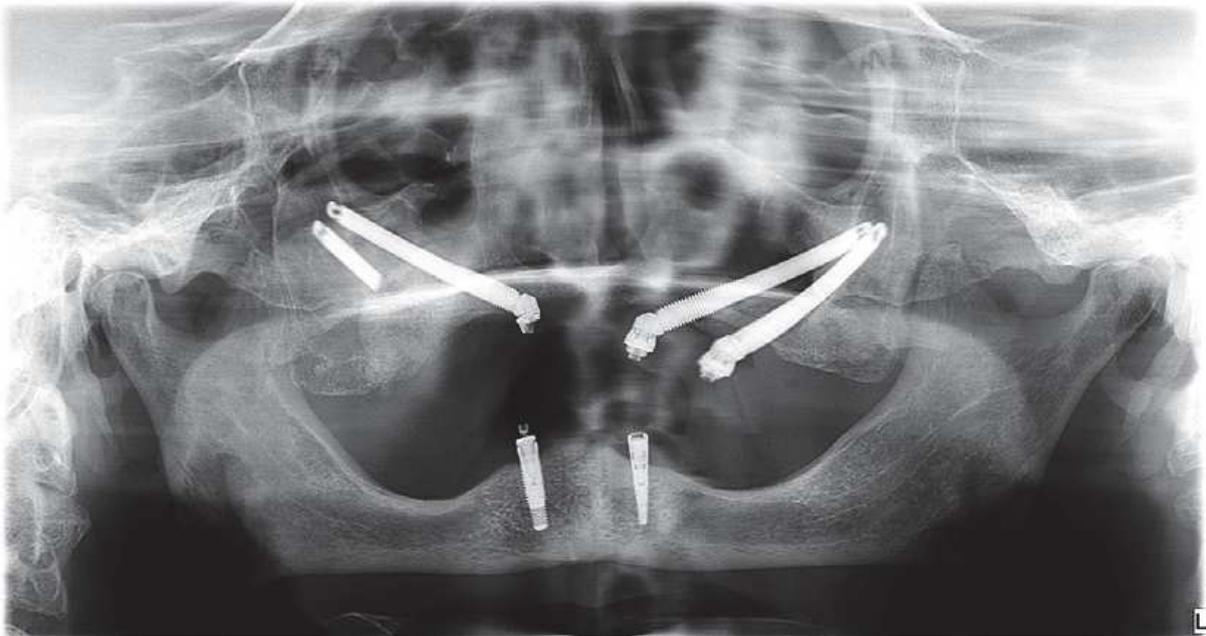


Figure 23 : Fracture d'un implant zygomatique objectivée sur une radiographie panoramique.

Source : Davo et al., 2019

1.2.2.4.5 Larmoiement permanent et perte de sensibilité

La lésion partielle ou l'inflammation du nerf zygomatico-temporal peut se traduire par un larmoiement permanent ou par une perte de sensibilité cutanée au niveau de la pommette.^(25,35,77)

1.2.3 Région génienne : le corps adipeux de la joue

Il s'agit d'une masse grasseuse, encapsulée par un fascia conjonctif, qui permet un glissement entre les muscles de la joue et forme avec eux la syssarose inter-masticatrice.⁽⁷⁸⁾ Cette boule grasseuse souple présente un poids et un volume constants de 9,6mL du fait de sa résistance à la lipolyse.⁽⁷⁹⁻⁸¹⁾ Elle se divise en trois lobes antérieur, intermédiaire et postérieur, facilement accessibles et mobilisables.⁽⁸²⁾ Classiquement, le corps adipeux est décrit comme ayant un corps principal à partir duquel se forment quatre extensions. Le corps central, profondément enfoui et encapsulé dans son fascia conjonctif, se situe le long de la tubérosité du maxillaire et au-dessus des insertions musculaires du buccinateur. Il est bordé médialement par la fosse ptérygo-palatine et latéralement par les muscles masséter et temporal mais aussi par l'arcade zygomatique. Quant aux quatre extensions grasseuses, elles sont citées ci-dessous ^(81,83,84) :

- L'extension temporale est la plus importante, elle se dirige vers le haut en passant sous l'arcade zygomatique.
- L'extension buccale, qui représente avec le corps principal 55 à 70 % du poids total de la masse grasseuse.⁽⁸³⁾ Elle repose sur le fascia bucco-pharyngé bordant la face latérale du muscle buccinateur.
- L'extension ptérygoïdienne ou médiale.
- L'extension ptérygo-palatine.

Le corps adipeux de la joue présente un intérêt tout particulier pour la fermeture d'une communication bucco-sinusienne occasionnée par la pose d'implants zygomatiques. En effet, sa simplicité d'accès et de mobilisation permet de l'utiliser pour le recouvrement du volet osseux réalisé lors de la chirurgie, tout en le gardant pédiculé.⁽⁵⁹⁾ Il permet également, par le recouvrement de la surface implantaire, de prévenir les déhiscences vestibulaires en préservant la muqueuse du vestibule de tout frottement direct avec l'implant.^(60,85)

En périphérie, sa vascularisation se fait grâce à un riche plexus comprenant l'artère temporale superficielle, l'artère transverse de la face, et l'artère faciale. En profondeur,

la boule de Bichat est principalement vascularisée par l'artère buccale, branche de l'artère maxillaire.^(79,82,86)

Enfin, le corps adipeux de la joue est directement en rapport avec le canal parotidien. Celui-ci traverse le muscle masséter, puis le muscle buccinateur en avant de l'extension buccale, avant de s'ouvrir dans cavité orale. Il faudra veiller à ne pas léser ce canal parotidien lors de la réalisation du lambeau muco-périosté ou de la dissection de la Boule de Bichat.^(86,87)

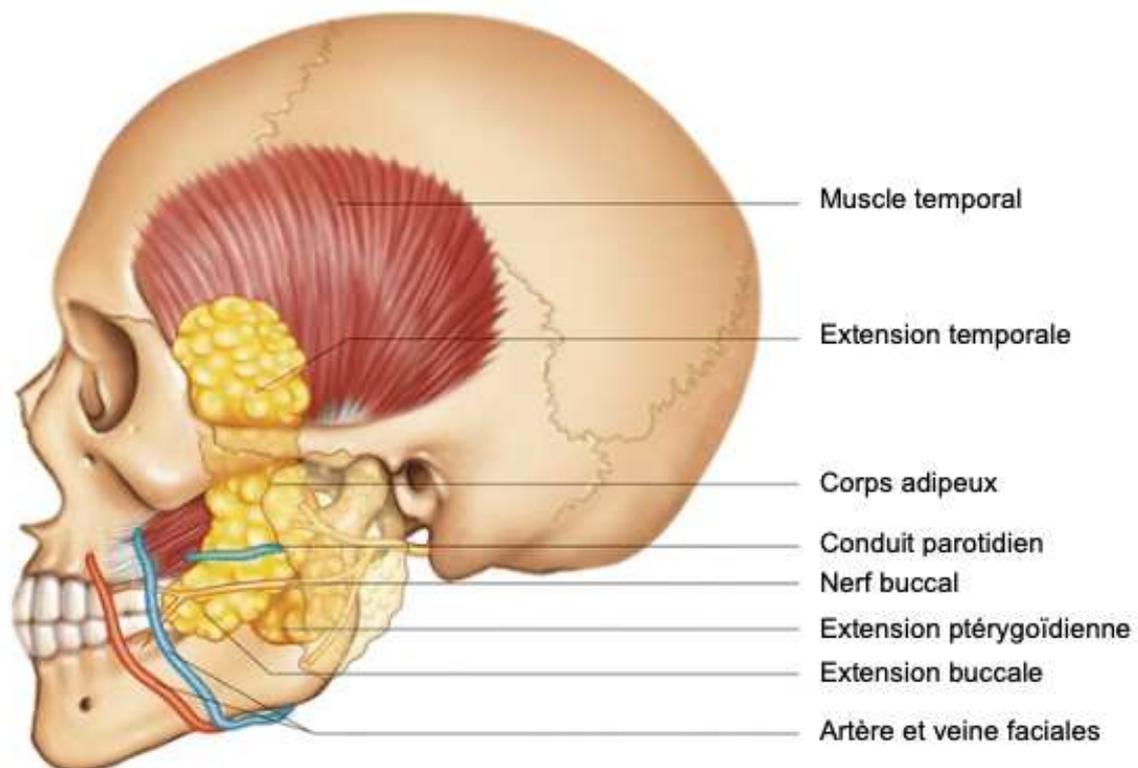


Figure 24 : Représentation anatomique du corps adipeux de la joue et de ses extensions.

Source: Kim MK, Han W, Kim SG, 2017

1.2.4 Région orbitaire

L'os zygomatique présente des rapports anatomiques importants avec les parois latérale et inférieure de la cavité orbitaire. Du fait des rapports étroits qu'entretiennent ces structures anatomiques, la pose d'implants zygomatiques expose à certaines complications, telles que la lésion du pédicule infra-orbitaire, ou encore une atteinte du muscle oculomoteur droit inférieur et latéral.⁽⁸⁸⁾ Une connaissance spécifique des repères anatomiques et de la procédure chirurgicale implantaire est fondamentale lorsque l'on souhaite obtenir des résultats prédictibles et éviter les accidents.



Figure 25 : Dissection de la région orbitaire, révélant ses rapports avec l'os zygomatique :

(1) Os zygomatique ; **(2)** Muscle oblique inférieur de l'œil ; **(3)** Pédicule infra-orbitaire ; **(4)** Os maxillaire.

Source : Gaudy JF et al., 2011

Les protocoles opératoires élaborés par Brånemark et Bedrossian évoquent la trajectoire idéale à adopter pour stabiliser l'implant zygomatique et éviter les accidents et complications (cf. Figure n°26). L'implant pénètre l'os au niveau de la crête alvéolaire maxillaire du côté palatin, puis traverse la base du sinus, puis le coin postéro-latéral du maxillaire avant d'atteindre le corps de l'os zygomatique pour enfin perforer sa corticale externe latérale. Un engagement inadéquat du foret pilote peut être à l'origine d'une ostéotomie trop médiale ou trop latérale.^(24,25) La réalisation d'une

fenêtre osseuse au niveau du sinus permet un contrôle visuel de la direction empruntée par les forets et les implants depuis la crête alvéolaire jusqu'au coin supéro-latéral de l'os zygomatique et limite le risque de déviation de l'axe vers la fosse infra-temporale (ligne violette) ⁽⁸⁹⁻⁹¹⁾ ou l'orbite (ligne jaune).⁽²²⁾

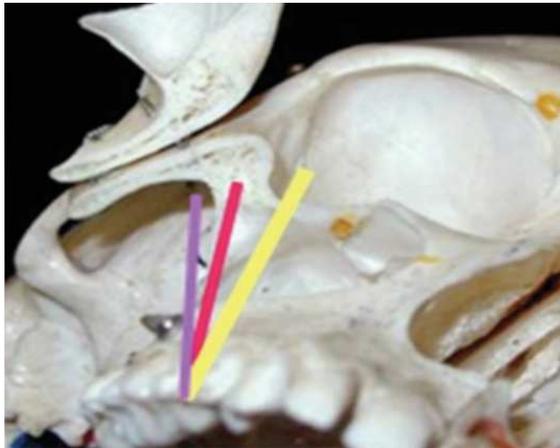


Image 1



Image 2

Figure 26 : Implications oculaires lors de la pose d'implants zygomatiques :

Image 1 : Le trait rouge indique la trajectoire implantaire idéale. Les traits jaune et violet indiquent les possibles déviations en direction de l'orbite ou de la fosse infra-temporale.

Image 2 : Scanner post-opératoire révélant un implant zygomatique accidentellement placé en position orbitaire.

Source : Bedrossian E et al., 2018

Rossi *et al.* ont analysé 40 crânes humains afin de déterminer les valeurs d'angulation optimales pour l'insertion d'implants zygomatiques conventionnels (un implant par héli-arcade) ou d'implants additionnels (antérieurs) selon la technique « *Quad Zygo* », définie par la pose de quatre implants zygomatiques (deux par héli-arcade). L'angle d'insertion d'implants zygomatiques conventionnels doit être compris entre 39 et 62° ; tandis que, dans le cadre d'une chirurgie *Quad Zygo*, l'angulation des implants antérieurs est comprise entre 25 et 47°. Planter selon une angulation supérieure à celles préconisées expose le praticien à un risque de perforation du plancher de l'orbite, accompagnée de probables lésions du contenu orbitaire.⁽³⁸⁾

L'effraction du plancher de l'orbite est une complication d'origine iatrogène pouvant entraîner un hématorne intra-orbitaire. Ce dernier se manifestera par une diplopie et peut avoir comme conséquence une compression du nerf optique et ainsi provoquer

une cécité. Le traitement consiste à vider l'hématome pour empêcher cette compression. Si cette complication a été décrite, elle s'est résolue sans complication ultérieure et aucun cas de cécité n'est apparu.⁽⁶⁾



Image 1



Image 2

Figure 27 : Cas d'un patient chez qui le muscle droit latéral de l'œil a été sectionné suite à la pose trop médiale d'un implant zygomatique : ce dernier a perforé le plancher de l'orbite. Une fois le muscle coupé ou désinséré, il est presque impossible de rétablir sa fonction.

Image 1 : Perte de la mobilité latérale du globe oculaire (le patient a perdu son regard en abduction).

Image 2 : Scan post-opératoire ; on peut observer l'implant zygomatique en position orbitaire.

Source : Cikatricis P et al, 2008

Pour éviter un accident de la sorte, le chirurgien doit comprendre l'importance de maîtriser à tout moment la trajectoire des instruments utilisés, en particulier lorsque qu'ils perforent la corticale latérale de l'os zygomatique. Cette trajectoire conditionne la position finale de l'implant zygomatique. La réalisation d'une fenêtre sinusienne permet d'accéder visuellement au positionnement des forets implantaires et peut constituer une aide à la gestion de leur trajectoire. Le protocole décrivant les techniques de visualisation directe des forets et de l'implant est appelé « *Ad Modum Brånemark* ». ⁽²⁵⁾

1.2.5 Région infra-temporale

1.2.5.1 Description

La fosse infra-temporale est une région profonde de la face. Elle se situe en dedans du ramus mandibulaire et du masséter et en dehors de l'espace pharyngé. Elle correspond à un espace squelettique cranio-facial. Elle est ouverte en bas et en arrière.⁽⁹²⁾

La fosse infra-temporale s'organise en trois parties ⁽⁹³⁾ :

- La région rétro-zygomatoco-maxillaire
- La région ptérygoïdienne
- La fosse ptérygo-palatine

Elle contient le corps adipeux de la joue et elle est parcourue par l'artère et le nerf maxillaires. Il convient de garder un bon axe lors du forage afin de ne pas léser les éléments qu'elle contient (*cf. Figure 26, Image 1*).

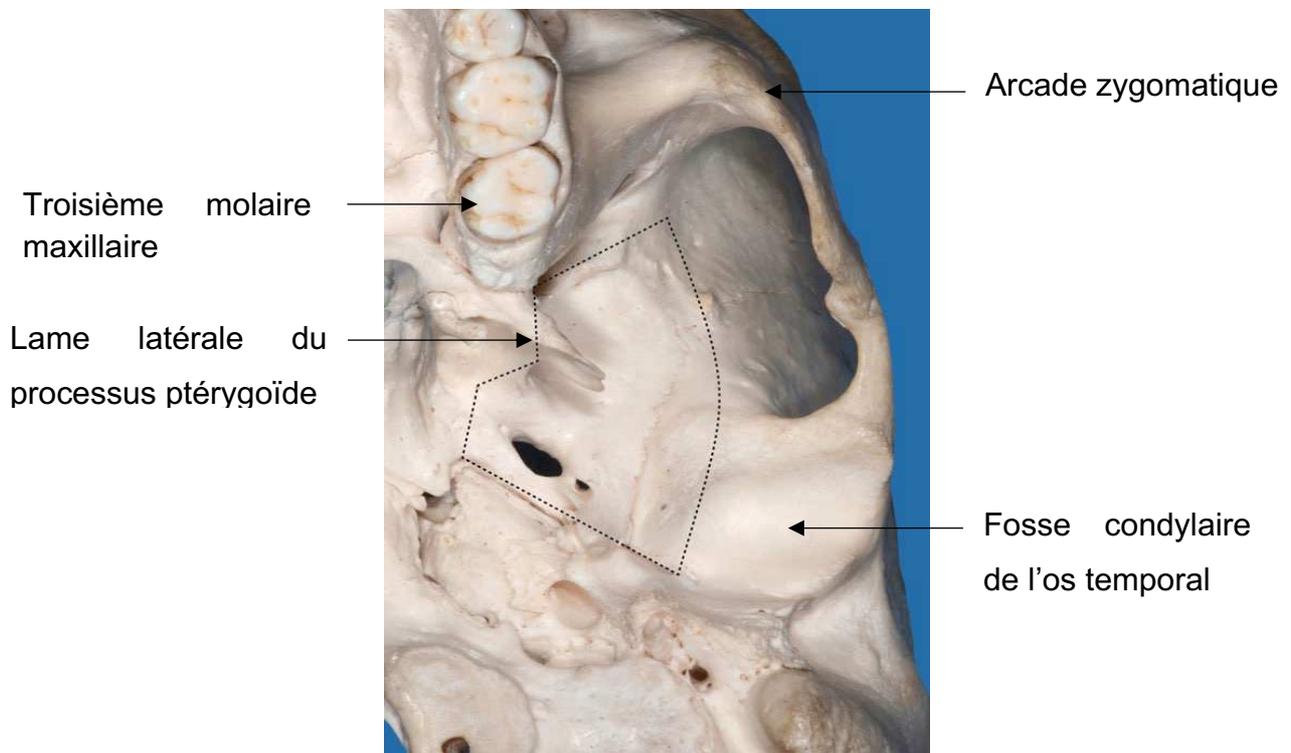


Figure 28 : Vue inféro-latérale d'un crâne montrant les limites de la fosse infra-temporale.

Source : Von Arx T, Lozanoff S, 2017

1.2.5.2 Artère maxillaire



Figure 29 : Passage de l'artère maxillaire dans la région infra-temporale avant de pénétrer dans la fissure ptérygo-maxillaire.

Source : Gaudy JF et al., 2011

L'artère maxillaire est la plus importante des deux branches terminales de la carotide externe. Elle quitte la loge parotidienne après avoir irrigué une partie de la glande parotide et elle chemine entre le ligament sphéno-mandibulaire médialement et le col de la mandibule latéralement. Elle pénètre alors dans la fosse infra-temporale accompagnée par le nerf auriculo-temporal.⁽⁶³⁾ À ce niveau, l'artère maxillaire donne l'artère alvéolaire supérieure postérieure qui est responsable de la vascularisation d'une grande partie de la paroi postérieure du sinus.^(26,35) Elle croise ensuite le nerf alvéolaire inférieur, avant d'atteindre le muscle ptérygoïdien latéral puis de pénétrer dans la fosse ptérygo-palatine via la fissure ptérygo-maxillaire. À l'intérieur, elle donne cinq collatérales dont trois nous intéresse :

- L'artère infra-orbitaire
- L'artère palatine descendante : elle empreinte le canal grand palatin avant d'émerger par le foramen grand palatin pour assurer la vascularisation de la gencive du palais dur, de la muqueuse du palais, des glandes salivaires palatines et de la paroi inférieure du sinus maxillaire.⁽³⁵⁾
- L'artère sphéno-palatine : elle accède aux cavités nasales en traversant le foramen sphéno-palatin et vascularise les cornets, la muqueuse et le septum nasal.

1.2.5.3 Nerf maxillaire

Le nerf maxillaire constitue la branche moyenne du nerf trijumeau (V_2). Il assure l'innervation sensitive du tiers moyen de la face. Il progresse horizontalement et vers l'avant, contre la paroi du sinus caverneux, puis traverse le foramen rond pour gagner la fosse ptérygo-palatine dans laquelle il se divise en quatre rameaux ⁽⁶³⁾, dont deux nous intéressent spécifiquement :

- Le nerf zygomatique
- Le nerf intra-orbitaire.

Ces deux nerfs ont déjà fait l'objet d'une description anatomique dans ce chapitre.

Chapitre 2 : Techniques chirurgicales et illustrations cliniques

2 Techniques chirurgicales et illustrations cliniques

À l'heure actuelle, il existe plusieurs techniques chirurgicales ; toutes découlent de la technique originelle, dite « *Ad Modum* », développée par Brånemark en 1988. Au fil du temps, avec l'évolution des moyens et des connaissances, quelques modifications ont été apportées à ce protocole chirurgical initial, donnant naissance à plusieurs variantes, que nous tâcherons de présenter dans ce chapitre :

- La Sinus Slot technique
- L'approche classique extériorisée
- La technique extra-maxillaire
- La technique du Professeur Brånemark modifiée par le Docteur Chow
- La technique ZAGA

Malgré certaines différences, qui sont essentiellement rattachées au temps chirurgical, toutes ces techniques restent relativement similaires. L'approche intellectuelle est la même, et les étapes pré- et postopératoires sont globalement identiques. Par conséquent, il sera développé dans un premier temps la prise en charge préopératoire, commune à toutes les techniques, puis, dans un second temps, la phase chirurgicale à proprement parler. Dans cette partie, seront décrites les alternatives proposées par les différentes techniques. Enfin, il sera question du temps postopératoire, dont la mise-en-œuvre est encore un fois invariante, quelle que soit la technique.

2.1 Prise en charge préopératoire

Avant toute intervention chirurgicale, il est impératif de réaliser une première consultation afin de recueillir les informations utiles sur l'état de santé du patient. C'est notamment l'occasion pour le praticien de saisir les motivations du patient. Au cours de cette consultation, un examen clinique et radiographique avancé permettra de planifier dans de bonnes conditions l'acte chirurgical et d'anticiper toutes sortes de complications.

2.1.1 Anamnèse générale et dentaire

La prise en charge préopératoire pour la pose d'implants zygomatiques est similaire à celle des implants conventionnels. Dans cette partie seront détaillés uniquement les spécificités propres aux implants zygomatiques.

❖ Historique médical du patient :

Lors de la consultation initiale, le praticien prend note de tous les antécédents médicaux du patient, cherchant à vérifier l'absence de contre-indications absolues ou relatives à la pose d'implants zygomatiques. Ces dernières sont les mêmes que celles concernant les implants conventionnels. Le clinicien cherche ainsi à savoir si le patient présente des maladies systémiques, traitées ou non, s'il suit un traitement anti-résorptif osseux, ou s'il est consommateur d'alcool ou de tabac.^(6,24,34)

❖ Historique dentaire du patient :

Pour le chirurgien, il est important d'avoir une connaissance détaillée des antécédents dentaires du patient : échecs de traitements implantaires, atteinte parodontale chronique ou sévère, ou encore bruxomanie. Ces facteurs peuvent avoir des répercussions sur le plan de traitement proposé.⁽²⁴⁾

2.1.2 Examen clinique

L'examen clinique est d'abord extraoral puis intraoral. En premier lieu, le praticien doit quantifier la capacité d'ouverture buccale du patient, car une ouverture limitée, ainsi que la présence de dents antagonistes, peuvent créer des interférences avec les instruments de forage et les implants, et faire obstacle à la bonne orientation de ceux-ci. Le praticien observe également les tissus mous de l'étage inférieur de la face et mesure la perte de support des joues et des lèvres, la ligne du sourire au repos ou forcé, etc. La définition de ces paramètres est indispensable à la réussite esthétique de la restauration prothétique. Ces informations permettent au praticien de déterminer si une ostéotomie du maxillaire est nécessaire ou non. Cette dernière a pour but de

positionner en deçà de la lèvre supérieure la transition entre la prothèse et les tissus mous de la crête alvéolaire résiduelle. En effet, la ligne de transition doit être apicale à la ligne du sourire pour un résultat favorable.^(10,24)

L'objectif principal de l'évaluation intraorale est d'évaluer le degré d'atrophie de l'os maxillaire et de déterminer si cette dernière est suffisamment avancée pour poser l'indication d'implants zygomatiques. Le type de défaut osseux présenté par le patient doit être correctement défini. Le praticien doit évaluer si la perte d'éléments dentaires s'accompagne ⁽³⁴⁾ :

- D'aucune résorption osseuse ou gingivale
- D'une perte de gencive attachée
- D'une perte gingivale combinée à une résorption osseuse. Ce défaut est nommé défaut composite et aura un impact important sur la conception du projet prothétique supra-implantaire, en amont de la chirurgie.

Lors de l'examen intrabuccal, le praticien évalue également la présence ou l'absence d'inflammations ou d'infections des tissus durs et mous, ce qui permet par la même occasion d'évaluer l'hygiène bucco-dentaire du patient.

De surcroît, le clinicien doit reconnaître et déterminer les défauts osseux horizontaux et verticaux. Il lui faut évaluer la dimension verticale d'occlusion, la relation intermaxillaire et l'orientation du plan d'occlusion. Il doit également vérifier l'absence de parafunctions. La distribution des forces occlusales sur l'arcade doit être anticipée en amont de la chirurgie, en tenant compte de la dentition antagoniste et des prothèses existantes. En effet, toutes ces éléments influent sur les paramètres biomécaniques de la prothèse supra-implantaire.⁽⁷⁶⁾

2.1.3 Examen radiographique

2.1.3.1 Bidimensionnel

L'orthopantomogramme, ou radiographie panoramique, est un examen radiographique couramment pratiqué, permettant d'avoir une vue d'ensemble des arcades dentaires, des maxillaires, des articulations temporo-mandibulaires et des sinus. Il permet d'apprécier la quantité d'os résiduel, de déceler les foyers infectieux potentiels et de juger de l'état des sinus.

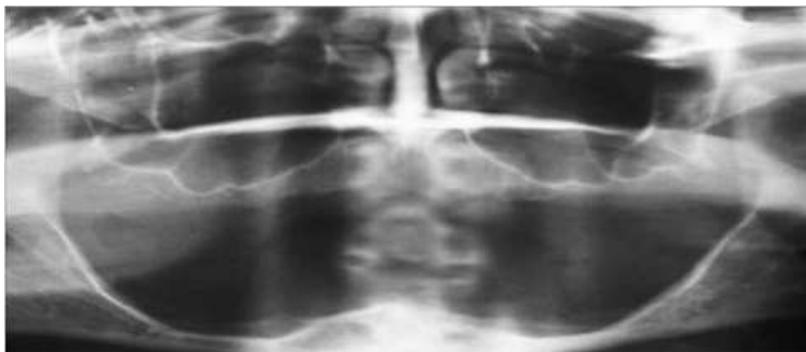


Figure 30 : Radiographie panoramique permettant d'apprécier les trois régions osseuses distinctes. Présence d'os uniquement dans la zone antérieure du maxillaire (zone I).

Source : Nobel Biocare Manual [En Ligne], s.d.

L'examen radiographique préopératoire permet d'analyser la quantité d'os alvéolaire disponible dans les différentes zones du maxillaire, ainsi que la présence ou l'absence de défauts composites, complétant ainsi l'examen clinique. Bedrossian *et al.* ont divisé le maxillaire en trois zones distinctes ^(40,94) :

- **Zone I** : Zone du pré maxillaire, étendue de canine à canine
- **Zone II** : Zone bicuspидienne, au niveau des prémolaires
- **Zone III** : Zone postérieure du maxillaire, au niveau des molaires.

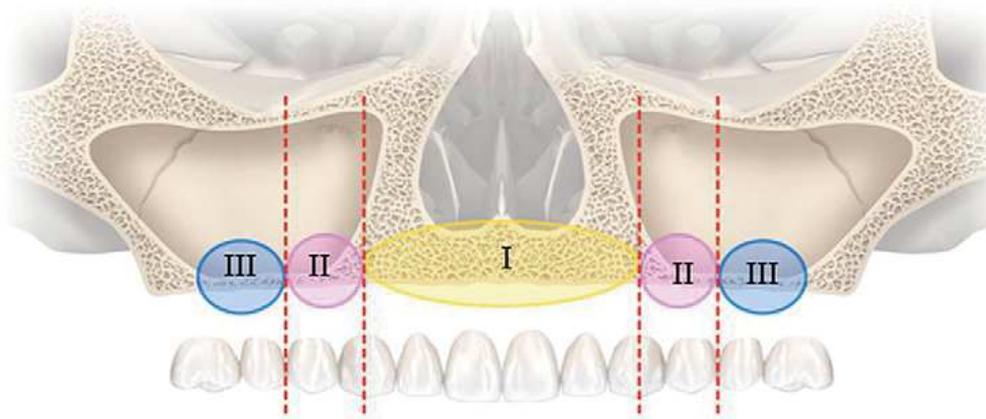


Figure 31 : Division de l'os alvéolaire maxillaire en trois zones, selon Bedrossian *et al.*

Source : Bedrossian E *et al.*, 2011 :

En fonction de la hauteur d'os disponible dans ces zones, le chirurgien-dentiste pourra opter pour une solution implantaire zygomatique, conventionnelle ou mixte ^(40,94) :

- **Présence d'os dans les zones I, II et III :**

Pour les patients présentant de l'os en quantité satisfaisante dans les trois régions d'un maxillaire édenté, la pose d'implants zygomatiques n'est pas la solution thérapeutique à privilégier. Dans ce cas, la pose de quatre à six implants conventionnels constitue la thérapeutique la plus adaptée.

- **Présence d'os dans les zones I et II :**

Quand le volume d'os alvéolaire est suffisant au niveau des régions incisivo-canine et prémolaire mais pas dans la partie postérieure du maxillaire (zone III), des implants standards peuvent être mis en place en postérieur, en les inclinant distalement le long du mur antérieur du sinus maxillaire. Ils sont associés à quatre implants conventionnels dans le secteur antérieur.

- **Présence d'os uniquement dans la zone I :**

La réhabilitation prothétique fixe postérieure requiert la pose d'implants dans la région prémolo-molaire (zones II et III). Toutefois, le manque d'os ne permet pas le positionnement d'implants standards dans ces zones. Cette situation clinique correspond à l'indication principale du concept d'implants zygomatiques. En effet, ces derniers, s'ils sont placés bilatéralement, fournissent un support postérieur à la prothèse définitive. Les implants zygomatiques devront systématiquement être solidarisés de façon rigide à deux ou quatre implants standards antérieurs.⁽¹³⁾ D'un point de vue biomécanique, il a été démontré que la solidarisation des implants zygomatiques aux implants antérieurs permet aux forces de mastication appliquées à la prothèse fixe d'être transférées à l'ensemble de l'os zygomatique et au centre de l'implant zygomatique.^(66,76)

- **Défaut osseux dans les trois zones :**

Lorsque la résorption de l'os alvéolaire maxillaire est totale, l'examen clinique révèle une absence de vestibule, des crêtes plates et un défaut composite très important. La solution implantaire qui s'offre à ces patients est la technique de réhabilitation implantaire « *Quad Zygo* ». Elle consiste à implanter dans chaque os malaire deux implants zygomatiques qui supporteront une prothèse maxillaire fixe, dispensant le patient de toute greffe osseuse.

La radiographie panoramique présente malheureusement un certain nombre de limitations. En effet, elle est une représentation 2D d'une structure anatomique en trois dimensions, figurant uniquement le plan mésio-distal ; elles ne donnent pas d'indication fiable sur les éléments situés dans le plan vestibulo-lingual ou vestibulo-palatin. De plus, les images issues des examens radiographiques bidimensionnels subissent un manque de netteté, des distorsions géométriques, des superpositions d'éléments anatomiques et la présence d'artefacts pouvant altérer la précision du diagnostic.⁽⁹⁵⁾ Les méthodes conventionnelles d'exploration se révèlent donc être insuffisantes dans le cadre de la planification de traitements implantaires, et le recours aux dispositifs radiologiques tridimensionnels (*Cone Beam Computed Tomography* ou CBCT) est donc indiqué.

2.1.3.2 Tridimensionnel (CBCT)

Le CBCT est un examen radiographique en trois dimensions apportant une grande précision sur les différentes structures anatomiques. Il est notamment utile dans les situations de faible densité osseuse, de défaut osseux important et d'obstacles anatomiques contraignants. Il fournit des informations détaillées sur la topographie des sinus maxillaires et des os zygomatiques. Il nous renseigne sur la qualité de l'os alvéolaire maxillaire mais également sur sa hauteur et son épaisseur. Il permet aussi la détection des lésions pathologiques : kystes, ostéites, corps étrangers, sinusites. Ainsi, grâce au CBCT, le praticien est capable de définir si l'anatomie du patient permet la pose d'implants zygomatiques.^(6,40,45,95-97)

Cet examen permet d'identifier les manifestations sinusiennes suivantes :

- La présence ou non de polypes sinusiens
- Un épaissement de la membrane de Schneider
- La perméabilité du complexe ostio-méatal

Un sinus sain est essentiel avant toute intervention chirurgicale intéressant ces cavités aériennes.⁽⁴¹⁾ Aparicio *et al.* préconisent de traiter toute pathologie sinusienne, de préférence avant la pose d'implants zygomatiques. Elles feront donc l'objet d'un traitement et d'un suivi chez un spécialiste de la sphère ORL.⁽⁵³⁾

À l'aide de logiciels dédiés, le chirurgien peut réaliser une planification chirurgicale à partir de l'acquisition tridimensionnelle de l'os zygomatique, du sinus maxillaire et de l'arcade dentaire maxillaire. La planification chirurgicale va faciliter le travail du chirurgien. Elle projette virtuellement le trajet de l'implant zygomatique en tenant compte des obstacles anatomiques tels que le rebord sous-orbitaire, le nerf infra-orbitaire, et la fosse infra-temporale.⁽⁷⁷⁾ Elle permet au praticien de préparer le point d'entrée de l'implant zygomatique, puis de contrôler son trajet et son passage dans le zygoma. Toutefois, la longueur exacte de l'implant est déterminée au cours de l'intervention, du fait de l'existence de variations anatomiques non-décelables à l'examen radiographique.^(6,24)

D'après l'étude de Wittwer *et al.*, les auteurs concluent qu'une planification tridimensionnelle entraîne un positionnement de l'implant précis avec une

biomécanique et une esthétique améliorée.⁽⁹⁸⁾ Lorsqu'on la compare aux méthodes radiographiques conventionnelles, on constate que l'utilisation du CBCT améliore la corrélation entre la planification et la pose de l'implant.

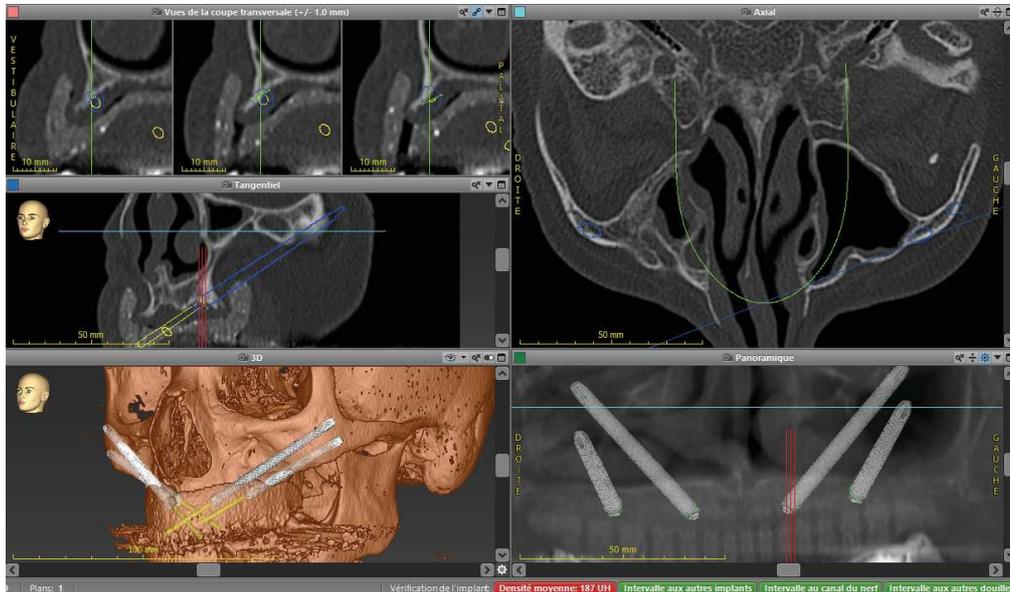


Figure 32 : Planification chirurgicale définissant l'orientation future des quatre implants zygomatiques (technique « Quad Zygo ») à l'aide du logiciel CoDiagnostiX®.
 Source : avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine

2.1.3.3 Guides radiologique et chirurgical

De nos jours, les praticiens utilisent volontiers des guides radiologiques et chirurgicaux, afin de faciliter leur geste, de se conformer au projet prothétique initial et de minimiser l'acte et sa morbidité. Ces guides peuvent être réalisés de manière traditionnelle (en résine acrylique, par réplique d'une ancienne prothèse jugée convenable, ou à partir d'un montage directeur sur cire) ou numérique (grâce à l'avancée de l'imagerie et des machines à commande numérique).

Le guide radiologique se doit d'être radio-opaque. Il reproduit le projet prothétique du patient et est porté par ce dernier au moment de la réalisation du CBCT. La tomodensitométrie permet la superposition des axes implantaires idéaux avec le volume osseux du patient.⁽⁹⁹⁾ Par la suite, le guide radiologique peut être transformé

en guide chirurgical en fraisant certaines zones de résines, permettant ainsi l'accès aux instruments de forage et le décollement des tissus mous. La stabilité de ce guide est assurée par la partie palatine postérieure. Le contour vestibulaire des dents matérialise le couloir prothétique de guidage et aide le chirurgien à orienter correctement les forets pendant la préparation implantaire, puis à maintenir l'angulation souhaitée au moment de l'insertion de l'implant zygomatique. Si une mise en charge est prévue, le guide aidera le praticien à choisir les piliers multi-units appropriés (coudés ou droits) afin de respecter les émergences prothétiques. Il peut également servir à la fin de l'opération pour prendre une empreinte de la position des piliers implantaires et réaliser la prothèse provisoire par le laboratoire.^(7,9,24,100)

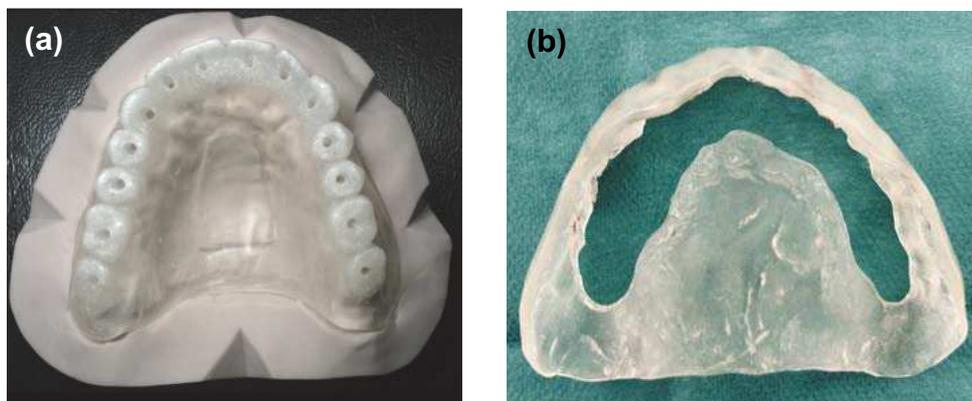


Figure 33 : Réalisation de deux types de guides en résine acrylique : un guide radiologique **(a)** et un guide chirurgical **(b)**. Ils peuvent être réalisés à partir d'une prothèse amovible ou d'un montage sur cire.

Source : **(a)** Cas pris en charge par le Docteur Sepehr Zarrine ; **(b)** Massereau E et al., 2017

Certains logiciels de planification chirurgicale permettent la production de guides chirurgicaux stéréolithographiques en résine, réalisés à partir du CBCT du patient. Ces guides sont fabriqués de manière à figurer, avec un haut degré de précision, l'emplacement, la trajectoire, et la profondeur de l'implant prévu.⁽¹⁰¹⁾

En 2010, Chrcanovic *et al.* ont mené une étude sur des cadavres humains. Le but de celle-ci était d'évaluer l'écart existant entre l'angulation des implants zygomatiques prévue lors de la planification et l'angulation réelle de ces implants lors de leur mise en place à l'aide de guides chirurgicaux. Seize implants zygomatiques ont été posés. La déviation angulaire moyenne du grand axe entre les implants prévus et les implants posés était de $8,06^\circ \pm 6,40^\circ$ pour la vue antéro-postérieure, et de $11,20^\circ \pm 9,75^\circ$

pour la vue caudo-crânienne. Nous pouvons constater que ces variations ne sont pas négligeables et que l'utilisation du guide chirurgical n'apporte pas de résultats assez précis pour entrer dans la pratique courante du chirurgien. Les auteurs de cette étude allègent que des recherches technologiques supplémentaires doivent être menées afin d'améliorer la précision du positionnement de ces implants.⁽⁹⁵⁾

En 2016, Chow *et al.* présentent un nouveau dispositif conçu pour augmenter la précision du guide chirurgical quant au placement d'implants zygomatiques. Ce guide instrumental est développé dans le but de guider l'ostéotomie du point d'entrée au point de sortie, permettant un positionnement optimal. L'auteur souligne qu'il n'est pas réaliste d'espérer que la position réelle de l'implant suive exactement la position prévue. En effet, le guide de foret, calqué sur le modèle stéréolithographique, fournit un guidage uniquement au niveau du point d'entrée, sans contrôler le chemin d'insertion et l'emplacement de sortie. L'auteur conclut que d'autres études doivent être menées pour valider l'efficacité de ce dispositif.⁽¹⁰²⁾

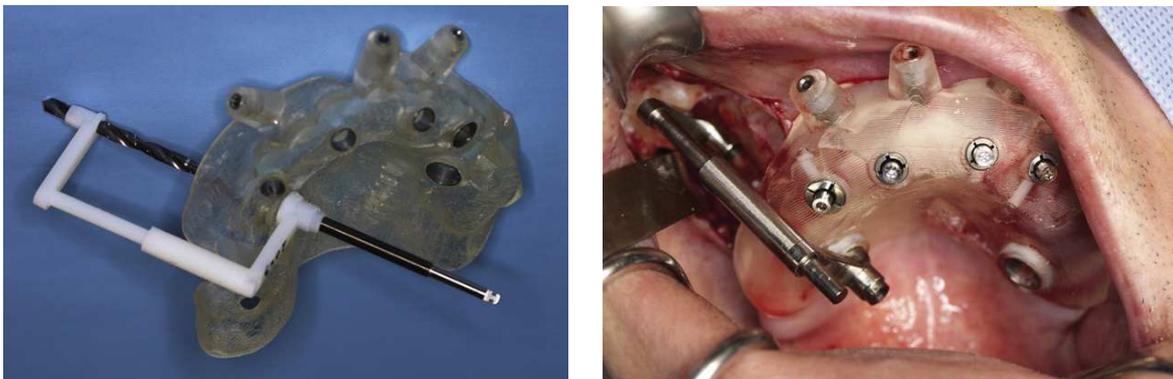


Figure 34 : Guide chirurgical de forage pour implants zygomatiques, mis au point par le Dr Chow.

Source : Chow J *et al.*, 2016

On remarque que toutes les études tendent à montrer l'imprécision actuelle de tels dispositifs. Il n'existe pas encore de mécanisme efficace pour contrôler physiquement la trajectoire de forage des implants zygomatiques et assurer la précision de leur positionnement. Il n'est pas réaliste d'espérer pouvoir piloter une chirurgie implantaire du début à la fin à l'aide d'un guide chirurgical, car la conséquence inévitable serait alors l'existence d'un écart entre la position d'implant réelle et prévue. Mais celui-ci a malgré tout son utilité : il aide à définir le point d'entrée et l'orientation idéaux des

instruments de forage, ainsi qu'au choix des piliers implantaires en fonction du projet prothétique.⁽⁹⁾

Récemment, Takamaru *et al.* ont mis au point un guide de forage à partir d'une méthode appelée « *pilot hole technique* ». Ce guide sert d'indicateur de direction des forets et localiserait avec précision le point de sortie de l'implant zygomatique.⁽¹⁰³⁾ Par ailleurs, la navigation chirurgicale représente une nouvelle alternative pour l'amélioration de la précision des techniques chirurgicales. Une étude récente a étudié l'utilisation de la navigation chirurgicale lors de la pose d'implants zygomatiques chez des patients présentant une atrophie sévère du maxillaire, et les résultats semblent très prometteurs.⁽¹⁰⁴⁾

2.1.4 Prémédication

La prescription systématique d'une antibioprophylaxie ne fait pas partie des recommandations chirurgicales officielles.(Afssaps 2011)⁽¹⁰⁵⁾ Néanmoins, il a été prouvé que certains échecs implantaires sont causés par une contamination bactérienne lors de l'insertion de l'implant. Par conséquent, une prémédication est généralement instaurée avant la pose d'implants zygomatiques.

Une étude Cochrane menée par Esposito *et al.* montre que l'administration orale de 2 ou 3g d'amoxicilline, en prise unique une heure avant l'intervention chirurgicale, réduit considérablement le risque d'échec implantaire. Cependant, on ignore encore si la prescription d'antibiothérapies postopératoires présente un réel bénéfice, et, le cas échéant, quel antibiotique se révèle le plus efficace.⁽¹⁰⁶⁾

En conclusion, dans le cadre de l'implantologie zygomatique, une antibioprophylaxie est donc habituellement débutée une heure avant l'intervention chirurgicale. L'antibiotique prescrit varie selon les études et les auteurs.^(4,23,34,45,107) Généralement, l'ordonnance comprend également des corticoïdes et des antalgiques, afin d'anticiper d'éventuels gonflements et douleurs. Ils sont à commencer le matin de l'intervention et à poursuivre pendant 3 jours.

2.1.5 Anesthésie

2.1.5.1 Anesthésie générale

Selon le protocole original, la chirurgie zygomatique est réalisée sous anesthésie générale par intubation nasale. Cette procédure n'est pas sans risques, et le patient est mis en contact avec un anesthésiste. Afin de réduire les douleurs postopératoires et d'obtenir une hémostase régionale satisfaisante, l'anesthésie générale est toujours complétée par des injections locales de lidocaïne avec vasoconstricteurs.(épinéphrine dosée à 1/50000) ^(34,108)

2.1.5.2 Anesthésie locale

Depuis quelques décennies, d'autres techniques d'anesthésie ont été décrites. Elles consistent à associer une sédation orale ou intraveineuse avec l'utilisation d'anesthésies locales ou à utiliser les anesthésiques locaux seuls.

Ces procédures sont indiquées pour des praticiens expérimentés, et si la durée de l'intervention n'excède pas une heure et demie. La solution préconisée est le chlorhydrate d'articaine adréaline à 1/100000. Les points d'injections sont multiples et l'anesthésie concerne plusieurs blocs nerveux sensitifs. Pour un silence clinique optimal, le praticien doit injecter ^(3,4,34,109) :

- Une infiltration dans chaque sulcus de l'incisive centrale à la troisième molaire, dans le but de bloquer le nerf alvéolaire supéro-postérieur
- Une carpule en rétro-tubérositaire
- Par une approche intra-buccale, une carpule au niveau du foramen sous-orbitaire afin de bloquer le nerf infra orbitaire
- Une demi-carpule au niveau du foramen grand palatin, permettant de bloquer le ganglion sphéno-palatin.
- En intra-buccal avec une aiguille longue, une carpule au niveau de la face externe de l'arcade zygomatique
- Un rappel au niveau de l'épine nasale.

Toutefois, concernant la pose de quatre implants zygomatiques, l'anesthésie générale reste la règle, car le praticien doit tenir du temps d'intervention conséquent et du large décollement des tissus mous qu'implique cette technique.

2.2 Temps chirurgical

2.2.1 Incisions

2.2.1.1 Incision vestibulaire ou de type Lefort I

Initialement, le protocole original présentait une approche en deux étapes. C'est pourquoi une incision vestibulaire de pleine épaisseur entre les premières molaires, assimilable à une incision de type Lefort I, était réalisée. Si une greffe était prévue simultanément, l'incision était étendue vestibulairement en direction de la lèvre supérieure, de manière à obtenir un lambeau muco-périosté épais recouvrant la greffe. La dissection se prolongeait le long de la crête infra-zygomatique en direction de l'os de façon à exposer le maxillaire et l'os zygomatique. Le nerf infra-orbitaire pouvait alors être localisé. Un lambeau palatin était également récliné, afin d'exposer la crête alvéolaire et le palais dur. L'intérêt de cette incision vestibulaire était de recouvrir la greffe osseuse et de protéger les implants pendant la période de cicatrisation.^(4,24,34,107,110)

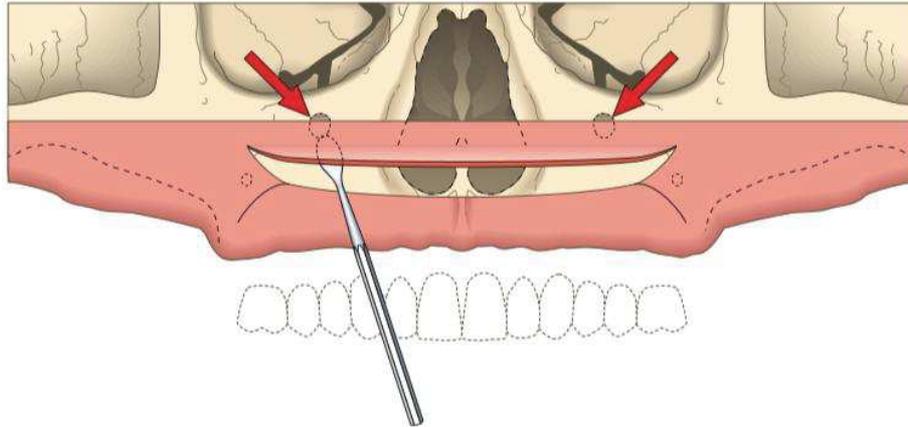


Figure 35 : L'incision originelle vestibulaire, de type Lefort I.

Source : Brånemark PI et al., 2004

Aujourd'hui, la technique chirurgicale usuelle pour les implants zygomatiques associe l'incision mi-crestale à la mise en charge immédiate.

2.2.1.2 Incision crestale

De nos jours, la procédure chirurgicale débute généralement par une incision crestale, légèrement palatine, permettant de garder un maximum de gencive kératinisée autour de l'implant et garantissant un meilleur accès visuel et instrumental. Des incisions verticales de décharge sont ensuite réalisées dans la zone rétro-tubérositaire et au niveau de la papille buccoïde. Elles permettent de donner une laxité suffisante au lambeau. Ce dernier est décollé de pleine épaisseur, et récliné jusqu'à la base du processus zygomatique à l'aide d'une rugine type Williger.^(24,49,111)



Figure 36 : Incision mi-crestale, depuis la papille buccoïde jusqu'à la région rétro-tubérositaire.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

2.2.2 Réclinaison du lambeau muco-périosté

Le décollement de la partie postérieure du maxillaire doit être effectué de manière méthodique et consciencieuse, car il offre un accès visuel sur la fosse ptérygo-maxillaire. En fonction de ce repère anatomique, le trajet de l'implant zygomatique postérieur devra toujours suivre le mur postérieur du sinus maxillaire, quel que soit le nombre d'implants zygomatiques prévus du même côté. L'espace ainsi ménagé antérieurement est suffisant si d'aventure un second implant devait être posé.

Après avoir dégagé le mur antérieur du sinus maxillaire et la partie antérieure de l'arcade zygomatique, le lambeau muco-périosté est écarté avec précaution jusqu'à mettre en évidence le foramen infra-orbitaire (afin de prévenir toute lésion nerveuse d'origine iatrogène).^(4,24,109) Le décollement de la partie antérieure de l'os zygomatique est une des phases les plus délicates de l'intervention, car les tissus y sont très adhérents et la proximité du globe oculaire nécessite beaucoup d'attention et de dextérité. Il est recommandé de placer l'index de la main non-opérante au niveau de l'angle externe et inférieur de l'orbite, ce qui permet à l'opérateur de progresser avec plus de sécurité.⁽¹⁰⁷⁾

Enfin, lorsque le corps de l'os zygomatique est exposé, un soin tout particulier devra être apporté à la dissection partielle des fibres médianes du muscle masséter, en raison du risque de saignement important. Il est intéressant de noter que, même en cas de pose bilatérale, il est préférable de décoller un coté puis l'autre, afin d'améliorer les suites post-opératoires en réduisant au maximum l'exposition du tissu osseux.

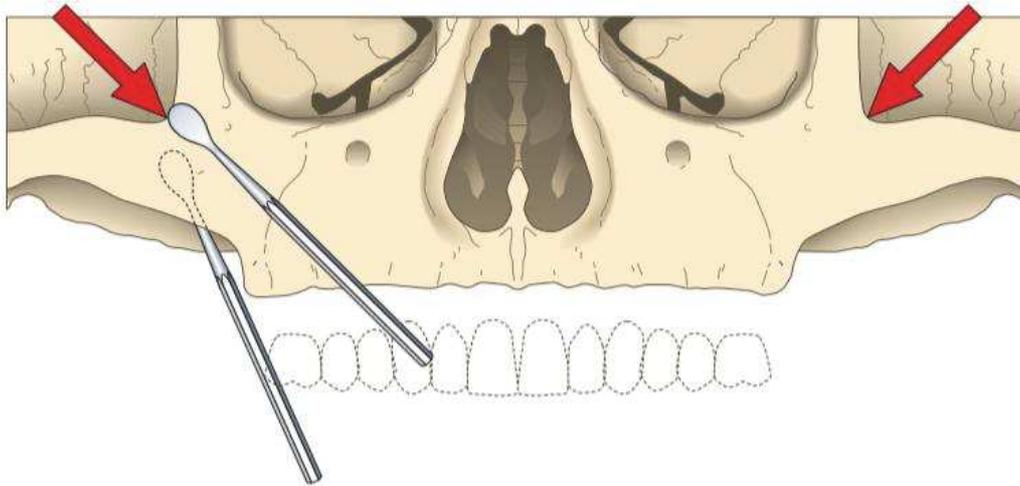


Figure 37 : Schématisation de la réclinaison latérale du lambeau au niveau du foramen infra-orbitaire, exposant le corps de l'os zygomatique.

Source: Brånemark et al., 2004

On place ensuite un écarteur de type Obwegeser ou « *Toe out* » au niveau de l'encoche fronto-zygomatique afin de faciliter la visualisation de la portion apicale de l'implant et protéger les tissus mous. Il est essentiel d'éviter une compression du nerf infra-orbitaire avec les écarteurs. ⁽¹⁰⁷⁾

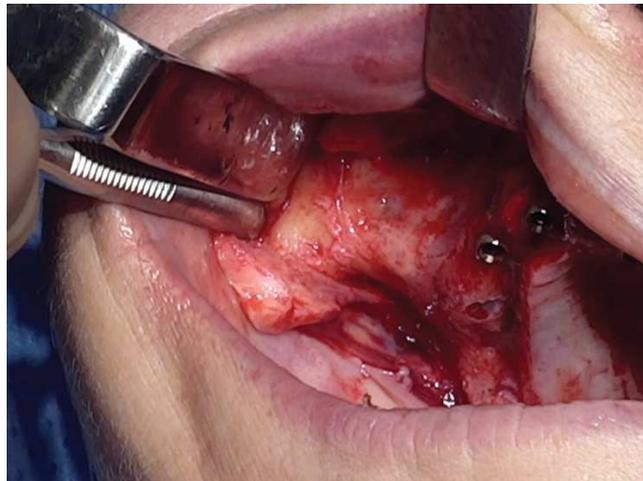


Figure 38 : Mise en place des écarteurs de type Obwegeser, élargissant le champ chirurgical.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

Une fois le champ établi, quatre repères anatomiques sont à repérer par le chirurgien :

- Le mur postérieur du sinus maxillaire
- Le rebord zygo-maxillaire
- Le foramen infra-orbitaire
- L'incisure fronto-zygomatique.

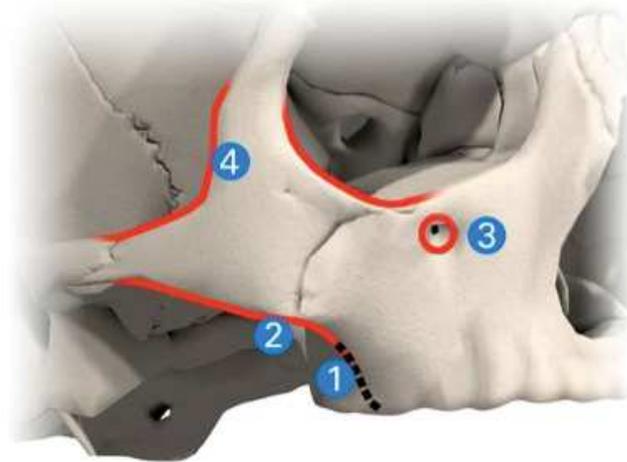


Figure 39 : Visualisation des quatre repères anatomiques après la réclinaison complète du lambeau : **(1)** Mur postérieur du maxillaire ; **(2)** Rebord zygo-maxillaire ; **(3)** Foramen infra-orbitaire ; **(4)** Incisure fronto-zygomatique.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

2.2.3 Fenêtre sinusienne

Selon la technique originale imaginée par le Professeur Brånemark, une fenêtre osseuse verticale, de 10mm de hauteur sur 5mm de largeur, est réalisée à la fraise-boule, dans la partie la plus haute du mur latéral du sinus maxillaire, à proximité de la crête infra-zygomatique.^(24,91) Cette fenêtre n'aura pas forcément la même position en fonction des extensions du sinus maxillaire.⁽⁴⁾ Elle a pour but :

- De visualiser et vérifier la trajectoire des forets et de l'implant
- D'assurer une irrigation régulière lors du forage et de nettoyer la tête de l'implant au cas où des débris de fraisage ou de membrane sinusienne seraient présents.

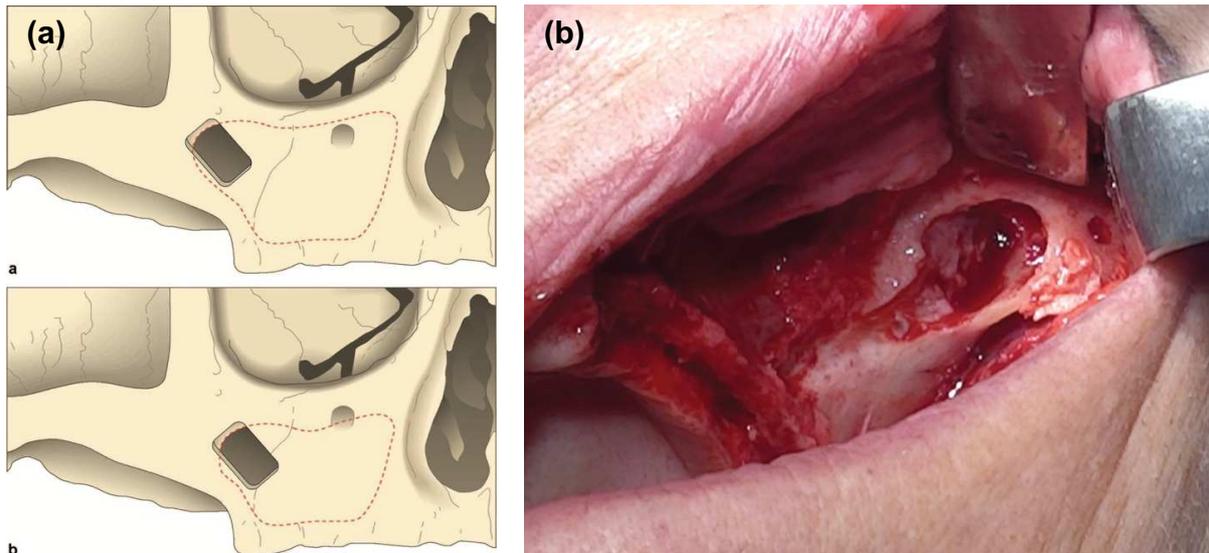


Figure 40 : Réalisation d'une fenêtre osseuse sinusienne.

(a) : Schématisation du positionnement de la fenêtre osseuse en fonction des extensions du sinus maxillaire

(b) : Réalisation d'une fenêtre osseuse dans le secteur maxillaire gauche.

Source : **(a)** Brånemark PI et al., 2004 ; **(b)** Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

La chirurgie de type « *Quad Zygo* » impose la réalisation d'une fenêtre osseuse sinusienne plus large, notamment en direction mésiale, tout en prenant soin de rester à distance du rebord orbitaire.

2.2.4 Réclinaison de la membrane de Schneider

Après l'élaboration de la fenêtre sinusienne, le chirurgien doit récliner la membrane de Schneider. Celle-ci est libérée et poussée médialement vers l'intérieur de la cavité sinusienne à l'aide d'un décolleur mousse. On tentera de préserver la membrane intacte en évitant la déchirure pendant cette procédure.^(24,97) Une compresse imbibée d'épinéphrine peut être placée à l'intérieur du sinus quelques minutes pour prévenir le saignement.^(4,109) Après le décollement de la membrane sinusienne, le praticien a un accès visuel direct sur le toit du sinus, et peut ainsi localiser le point d'entrée optimal du foret pilote dans l'os zygomatique.

Il est essentiel de surveiller la position de la membrane de Schneider tout au long de l'intervention chirurgicale, et de s'assurer que celle-ci n'accroche pas l'implant zygomatique lors de son insertion, car l'introduction de tissus mous dans le corps du zygoma entraînera la non-ostéointégration de l'implant.⁽⁴⁰⁾

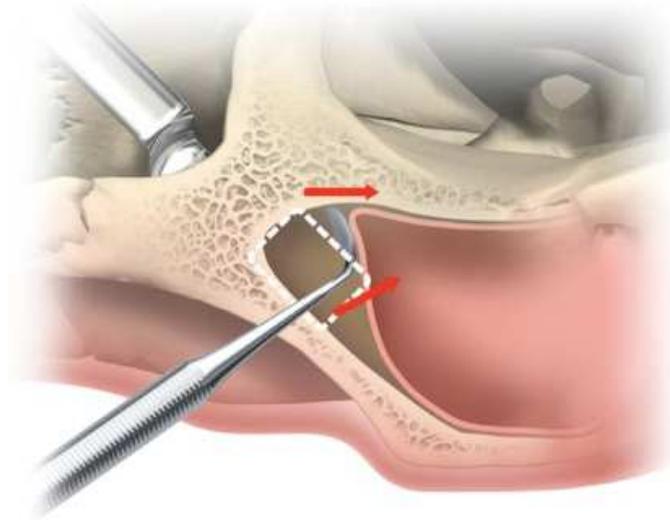


Figure 41 : Réclinaison de la membrane sinusienne à distance du mur latéral du sinus maxillaire.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

2.2.5 Identification du point d'entrée et de la trajectoire implantaires

Il existe une étape facultative consistant à décoller la gencive palatine, mais tous les chirurgiens ne le font pas. Cet acte peut aider le chirurgien à identifier de manière plus précise la trajectoire implantaire idéale, depuis la région prémolo-molaire jusqu'à l'os zygomatique.

Pour éviter la pénétration des forets dans l'orbite, une tension suffisante doit être appliquée au lambeau afin de dégager l'accès visuel. Un écarteur est placé à cet égard, au niveau de l'incisure fronto-zygomatique. Cet écarteur est un guide indiquant la direction à suivre lors du passage de la fraise-boule. Il protège également la joue et les tissus mous lors de la séquence de forage. Un écarteur supplémentaire est positionné au niveau de la lèvre supérieure. Il élargit la visibilité du site opératoire et

protège lui-aussi les tissus mous. La prévisualisation du chemin implantaire se fait à l'aide d'une fraise-boule à long col. Cette dernière se place en dehors de la face latérale du sinus maxillaire selon certains repères ⁽²⁴⁾ :

- La pointe de la fraise est placée à l'incisure fronto-zygomatique
- Le milieu du corps de la fraise doit longer le coin supéro-latéral du sinus maxillaire
- La base de la fraise se trouve au niveau de crête alvéolaire, en région prémolo-molaire.

Lors de cette étape, le praticien définit le point d'entrée crestal, où débute la séquence de forage, et l'axe d'insertion implantaire. Il doit viser le centre de l'écarteur pendant le passage des forets.

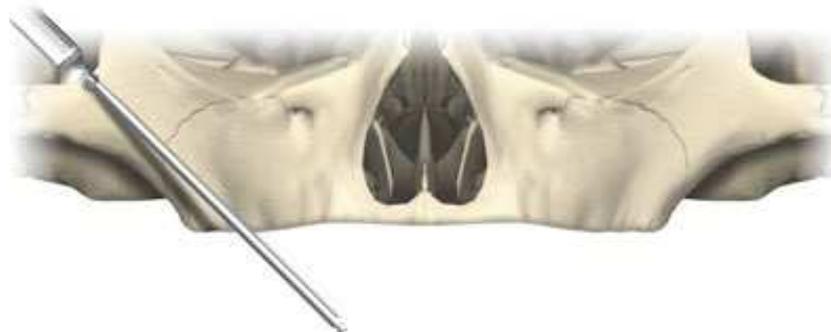


Figure 42 : Prévisualisation du chemin implantaire au moyen d'une fraise-boule à long col.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

2.2.6 Les différentes préparations du trajet implantaire en fonction des techniques

La séquence instrumentale de forage est commune à chacune des techniques et se compose d'une fraise et de quatre forets, à utiliser successivement :

- Une fraise boule en carbure de tungstène de 2,9 mm de diamètre
- Un foret *twist drill* de 2,9 mm de diamètre (normal 95 mm et court 67,5 mm)
- Un foret *pilot drill* de 3,5 mm de diamètre (normal 100 mm et court 75 mm)
- Un foret *twist drill* de 3,5 mm de diamètre (normal 100 mm et court 67,5 mm)
- Un foret facultatif de 4 mm de diamètre, pour l'os alvéolaire si nécessaire.

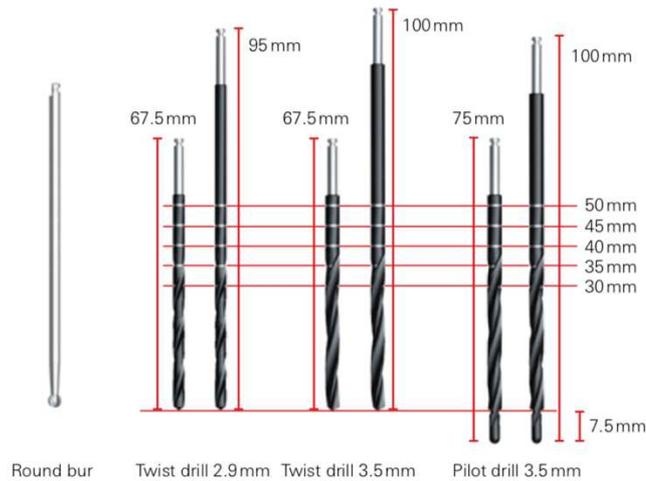


Figure 43 : Séquence instrumentale de forage pour la pose d'implants zygomatiques.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

Chaque foret est monté sur un contre-angle ou une pièce à main. La pièce à main est réglée à un rapport de 20:1, et la vitesse ne doit pas excéder 2000 tours/minute. Le forage est impérativement réalisé sous irrigation constante et abondante au sérum physiologique stérile à température ambiante. Un rinçage s'effectue entre chaque foret, afin d'éliminer les débris et réduire le risque infectieux.⁽²⁴⁾

2.2.6.1 La technique originale « Ad Modum » de Brånemark

Le forage primaire débute avec la fraise-boule long col de 2,9 mm de diamètre, utilisée pour perforer la crête alvéolaire du côté palatin, puis pénétrer et traverser le sinus maxillaire, en direction de l'écarteur précédemment placé du côté de l'encoche fronto-zygomatique, puis s'arrêter à la base de l'os zygomatique, au niveau de coin supérieur, latéral et postérieur du sinus.^(4,24)

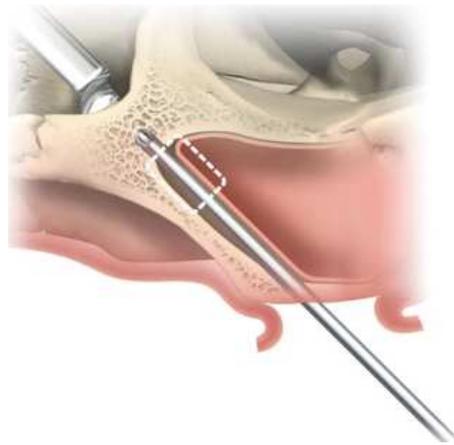


Figure 44 : Passage de la fraise boule à long col depuis la crête alvéolaire jusqu'à la base de l'os zygomatique.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

Par la suite, cette préparation initiale est complétée par le passage de forets de diamètres croissants. Le forage à travers le sinus maxillaire est poursuivi avec un foret hélicoïdal de 2,9 mm de diamètre jusqu'à ce que la corticale de l'os zygomatique soit perforée. La fenêtre osseuse permet de maintenir le contrôle visuel de la progression des instruments.

Ce foret de 2,9 mm doit transpercer complètement l'os zygomatique, le plus près possible de l'échancrure zygomatique, jusqu'à buter contre l'écarteur. Cette étape est capitale pour deux raisons :

- Si l'os zygomatique n'est pas complètement traversé, l'implant inséré pourra venir buter contre le plafond de la préparation, et ainsi perdre sa stabilité primaire.
- Il est indispensable de voir l'émergence du foret afin de s'assurer du bon positionnement de l'implant et de prévenir une lésion du plancher orbitaire, ou une émergence postérieure.

Chaque foret est normalement doté d'un manchon protecteur car, du fait de leur longueur, le risque de blessure ou de brûlure de la lèvre supérieure, de la commissure labiale ou des tissus mous environnants est assez élevé.

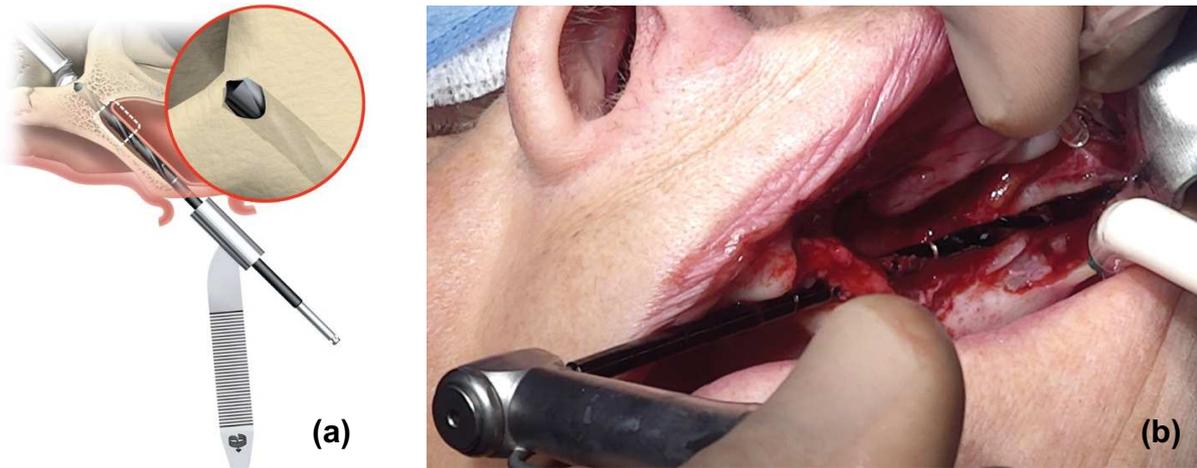


Figure 45 : Préparation du trajet implantaire selon la technique « Ad Modum »

(a) Schématisation de la perforation de l'os zygomatique par le foret hélicoïdal de 2,9mm de diamètre avec une vitesse maximale de 2000 tours par minute

(b) Utilisation d'un foret hélicoïdale de 2,9mm de diamètre, perforant l'os zygomatique.

Source : **(a)** Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.; **(b)** Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

Une première mesure est ensuite réalisée à l'aide d'une jauge de profondeur droite, dans le but d'estimer la longueur du prochain foret, ainsi que celle de l'implant. Un foret pilote (de la bonne longueur) de 3,5 mm de diamètre est ensuite utilisé pour élargir le site implantaire. Afin de s'assurer que le foret pilote ne dévie pas de sa trajectoire initiale, il est équipé d'une pointe de guidage non-travaillante de 2,9 mm de diamètre, le conduisant à travers la première percée exécutée avec le foret hélicoïdal de 2,9 mm. Le site est une nouvelle fois préparé jusqu'à ce que la pointe du foret pilote transperce l'os zygomatique et touche l'écarteur. Le praticien doit veiller à ne pas imprimer de mouvements d'oscillation aux instruments de forage, au risque d'agrandir accidentellement le site de préparation et d'ainsi nuire à la stabilité primaire de l'implant. Nous rappelons également ici l'importance de maintenir une irrigation abondante entre chaque instrument, afin d'éliminer les débris osseux et prévenir le risque infectieux.

La préparation implantaire se poursuit par le passage d'un foret hélicoïdal de 3,5 mm de diamètre, doté cette fois d'un apex coupant. Lorsque l'on observe une épaisseur d'os créal supérieur à 3 mm, la portion alvéolaire de l'ostéotomie est complétée par l'introduction d'un foret hélicoïdal de 4 mm. En revanche, dans les cas où la largeur ou la hauteur de l'os créal sont limitées, le foret de 4 mm n'est pas utilisé.

2.2.6.2 La Sinus Slot Technique

Décrite en 2000 par Stella et Warner, cette technique, très proche de la technique originale, vise à réduire la perforation de la paroi latérale du sinus maxillaire, en réalisant une rainure le long de l'apophyse zygomatique du maxillaire au lieu d'une fenêtre. Ce sillon servira de logement à l'implant.^(70,91,110)

La Sinus Slot Technique présente les avantages de préserver une plus grande quantité d'os et de favoriser l'ostéointégration tout le long du trajet implantaire en augmentant le contact entre l'os et l'implant. La taille du lambeau est réduite et les suites postopératoires sont meilleures. De surcroît, l'émergence de la tête implantaire est plus crestale. Cette technique nécessite néanmoins une situation anatomique plate, sans concavité du mur antérieur du sinus.⁽⁷⁰⁾

Cependant, la Sinus Slot Technique ne procure pas une bonne visibilité au moment du forage, ce qui est à l'origine d'inévitables lésions de la membrane de Schneider. Une étude menée par Peñarrocha *et al.* démontre que, chez les 21 patients traités par la Sinus Slot Technique, la membrane de Schneider est perforée à chaque fois. Malgré cela, seulement deux cas de pathologies sinusiennes ont été constatés.⁽¹¹²⁾



Figure 46 : Réalisation d'une rainure le long du processus zygomatique du maxillaire, selon la Sinus Slot Technique.

Source : Stella JP *et al.*, 2000

2.2.6.3 L'approche classique extériorisée

Cette technique extra-sinusienne est introduite par Miglioranza *et al.* en 2006. Elle fut mise au point dans un but de simplification de la technique « *Ad Modum* » de Brånemark.⁽⁵³⁾ Elle consiste à réaliser une ostéotomie à travers la crête alvéolaire, depuis le sommet palatin vers le vestibule, à l'aide d'une fraise-boule, puis de forêts. Le forage se poursuit ensuite le long de la paroi latérale du sinus maxillaire, jusqu'à perforer la partie externe et latérale de l'os zygomatique. Aucune fenêtré sinusienne n'est réalisée dans cette technique.^(15,113-115)

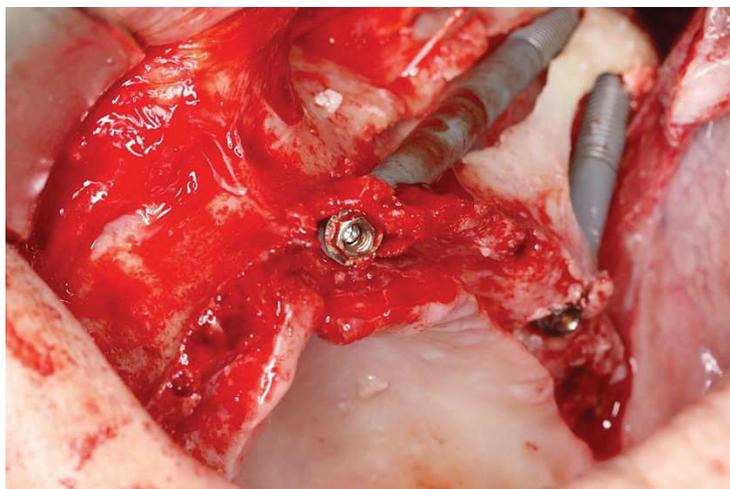


Figure 47 : Mise en place d'un implant zygomatique selon l'approche classique extériorisée. Celui-ci traverse la crête alvéolaire depuis son côté palatin jusqu'à sa face vestibulaire. Cette perforation permet de conserver de l'os tout autour de la tête de l'implant.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Raphaël Bonnet.

2.2.6.4 La technique extra-maxillaire

En 2008, Malo *et al* modifient l'approche classique extra-sinusienne pour élaborer la technique extra-maxillaire. Ils utilisent un implant dépourvu de spires sur ses deux tiers coronaires, et doté d'un apex plus étroit et plus engageant. Le maxillaire est préparé de manière à permettre à la fraise un accès direct au bord inférieur de l'os zygomatique. Le concept principal de cette technique repose sur le fait que l'os zygomatique est exclusivement utilisé pour l'ancrage de l'implant.^(19,20,51)

La préparation implantaire initiale débute le plus postérieurement possible par rapport à la crête alvéolaire, tout en restant à une distance minimale de sécurité de 3 mm du bord vertical postérieur de l'os zygomatique. Elle prend la forme d'une gouttière osseuse et se fait au moyen d'une fraise boule. Lors de cette étape, le chirurgien doit s'efforcer de ne pas endommager la membrane sinusienne. Celle-ci est ensuite soigneusement décollée.^(19,20,51)

La gouttière facilite l'accès des forets implantaires vers l'os zygomatique et leur permet de progresser sans aucune interférence tissulaire. Elle permet également l'engagement de l'implant intimement contre la paroi latérale de l'os maxillaire. L'implant extra-maxillaire longe le maxillaire en laissant la membrane de Schneider intact ; il prend ancrage dans l'os zygomatique uniquement.

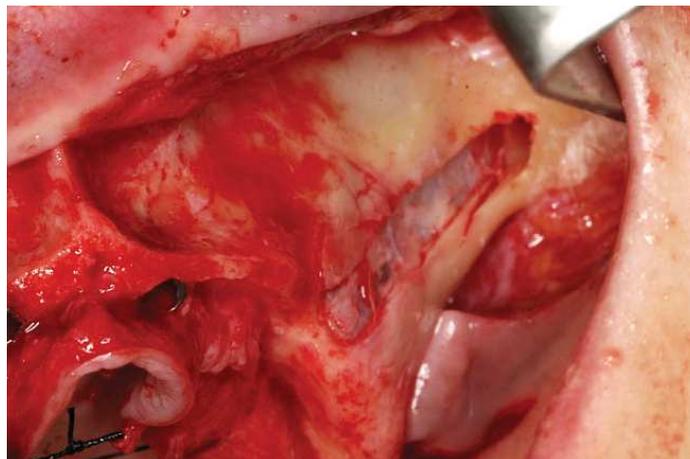


Figure 48 : Préparation implantaire selon la technique extra-maxillaire, sous la forme d'un canal osseux au sein du maxillaire, en vue d'y loger un implant zygomatique.

Source : Malo P et al., 2013

Après la fraise ronde, un foret hélicoïdal de 2,9 mm de diamètre est utilisé. Au cours de cette procédure, le pouce du chirurgien est positionné contre la surface externe du bord supérieur de l'os zygomatique afin de sentir quand l'instrument perfore la corticale externe, ce afin de ne pas léser les tissus mous sus-jacents.

Par la suite, on se sert d'un indicateur de profondeur pour évaluer la longueur adéquate de l'implant zygomatique. Elle est mesurée à partir de la corticale postéro-

supérieure de l'os zygomatique jusqu'à la face vestibulaire de la crête alvéolaire maxillaire résiduelle.

En fonction de la densité osseuse, la séquence instrumentale se poursuit comme décrite précédemment dans la technique originale.

2.2.6.5 Technique du Professeur Brånemark modifiée par le Dr Chow

Chow *et al.* préconisent de maintenir l'intégrité de la membrane de Schneider. À cet égard, ils proposent une approche consistant à réaliser une élévation sinusienne au moyen d'une fenêtre osseuse plus étendue et gardée attachée à la membrane de Schneider. Le fragment osseux est repoussé à l'intérieur du sinus pour permettre le passage des forets tout en protégeant la membrane sinusienne. Il augmente également la stabilité de l'implant zygomatique en favorisant la formation osseuse à proximité de la membrane sinusienne élevée. Cette technique élimine le risque de sinusite maxillaire liée à une communication bucco-sinusienne.⁽¹¹⁶⁾

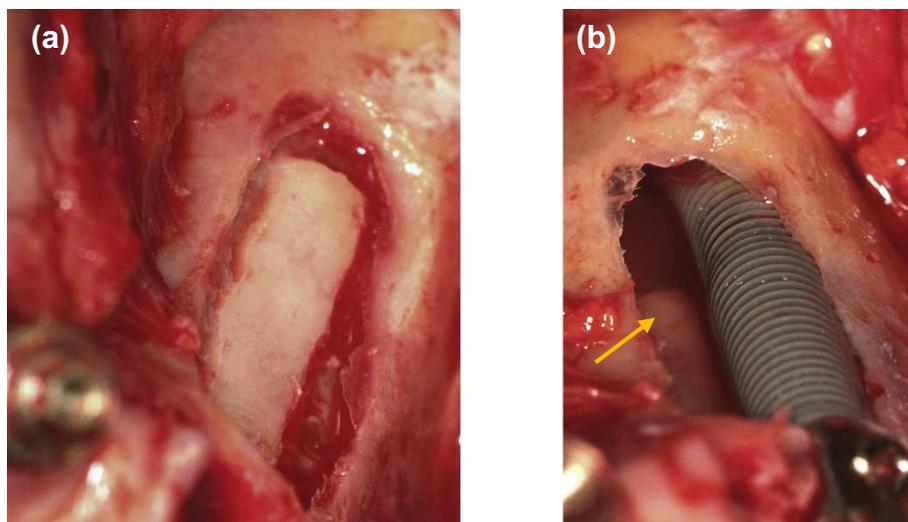


Figure 49 : (a) Réalisation d'une fenêtre osseuse décollée et surélevée ; (b) Insertion de l'implant zygomatique. Le fragment du mur sinusien (flèche jaune) est conservé pour protéger la membrane lors des forages successifs.

Source : Malevez C *et al.*, 2012

2.2.6.6 La technique ZAGA

Aparicio souhaitait mettre au point une approche prenant en considération l'anatomie individuelle de chaque patient et respectant les contraintes prothétiques. Il créa le concept ZAGA : Zygomatic Anatomy Guided Approach.^(3,21,34) Ce concept est né en 2011, après une analyse par tomodensitométrie de 200 sites implantaire. La préparation des sites est alors guidée par l'anatomie de la paroi latérale du sinus, de la crête alvéolaire et du processus zgomatique du maxillaire. Avec cette technique, aucune fenêtre ou fente initiale n'est ouverte au niveau de la paroi latérale du sinus maxillaire. La réclinaison de la membrane sinusienne n'est plus nécessaire, ce qui engendre un gain de temps considérable par rapport à la technique originale.

Avec la technique ZAGA, la préparation et le placement de l'implant doivent suivre trois étapes importantes :

- La détermination du point d'entrée intraoral (coronaire) de l'implant
- La détermination du point d'entrée extraoral (apical) de l'implant
- La détermination du trajet du corps de l'implant

❖ **Détermination du point d'entrée coronaire intraoral :**

Le point d'entrée coronaire intraoral de l'implant joue un rôle essentiel pour l'ensemble du procédé chirurgical. Il est basé sur des paramètres prothétiques, biomécaniques et anatomiques. L'implant doit avoir un placement et un ancrage optimaux, afin de supporter convenablement les forces de mastication transmises à travers la prothèse fixée. C'est pourquoi ce point doit se situer dans une position la plus distale possible et au plus près du sommet de la crête alvéolaire, en région prémolo-molaire. Ainsi les charges occlusales sont uniformément distribuées et les porte-à-faux distal et vestibulo-palatin considérablement réduits. Si la résorption est très sévère, seul le point d'entrée apical extraoral est réalisé au niveau du processus zgomatique, sans préparation coronaire initiale.⁽³⁴⁾

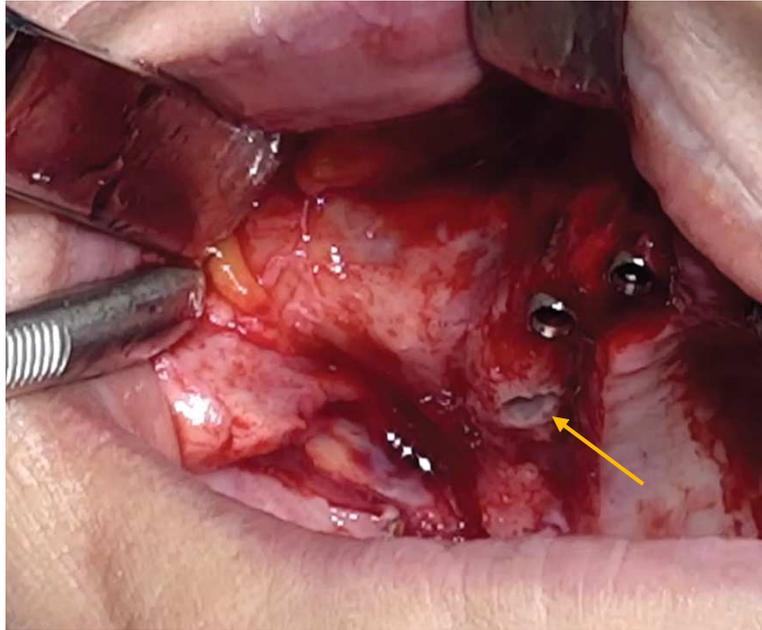


Figure 50 : Préparation du point d'entrée coronaire intraoral de l'implant zygomatique, réalisé à la fraise-boule (flèche jaune).

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

❖ **Détermination du point d'entrée apical extraoral :**

Le point d'entrée apical et extraoral est situé au niveau du processus zygomatique. Il est déterminé par la résorption verticale et horizontale du processus alvéolaire ainsi que par la concavité du mur latéral maxillaire. Il est choisi de manière à procurer à l'implant zygomatique un ancrage satisfaisant sans interférer avec le contenu de l'orbite et de la fosse infra-temporale.

Ce point se situe généralement entre le rebord de l'orbite et le bord inférieur de l'arcade zygomatique, à une distance comprise entre 10 et 15 mm des insertions musculaires du masséter. Si le volume osseux est suffisant, l'ostéotomie sera réalisée proche du bord inférieur de l'arcade zygomatique et aussi loin que possible de l'orbite, laissant si besoin la place à un second implant. En effet, il existe des situations où, lorsque deux implants sont planifiés pour être posés dans le même os zygomatique, un des implants doit être placé à proximité de l'orbite.⁽³⁴⁾

La position antéro-postérieure du point d'entrée zygomatique est influencée par le forage de la crête alvéolaire : s'il est situé en région molaire plutôt que prémolaire, l'implant aura une position plus verticale et le point d'entrée apical sera conséquemment plus proche du coin latéro-inférieur de l'orbite. Par ailleurs, dans le sens cranio-caudal, l'emplacement de la perforation dépend de la concavité de l'os maxillaire et de la position vestibulo-palatine du point d'entrée coronaire. Plus le processus zygomatique du maxillaire est plat, plus le point d'entrée extraoral sera bas. En revanche, plus l'os zygomatique est proéminent et l'os maxillaire concave, plus ce point sera haut.



Figure 51 : Réalisation du point d'entrée apical et extraoral de l'implant (flèche jaune) à l'aide d'une fraise-boule dans le secteur zygomatique droit.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

❖ **Détermination du trajet du corps de l'implant :**

L'implant zygomatique assure la liaison entre le point d'entrée coronaire intra-oral et le point d'entrée apical extra oral. La préparation initiale du lit implantaire est initialement prédéfinie à la fraise-boule, sous la forme d'un canal reliant les deux points d'entrée, puis complétée avec le passage des forets implantaire. Aucune fenêtre sinusienne n'est réalisée.⁽³⁴⁾

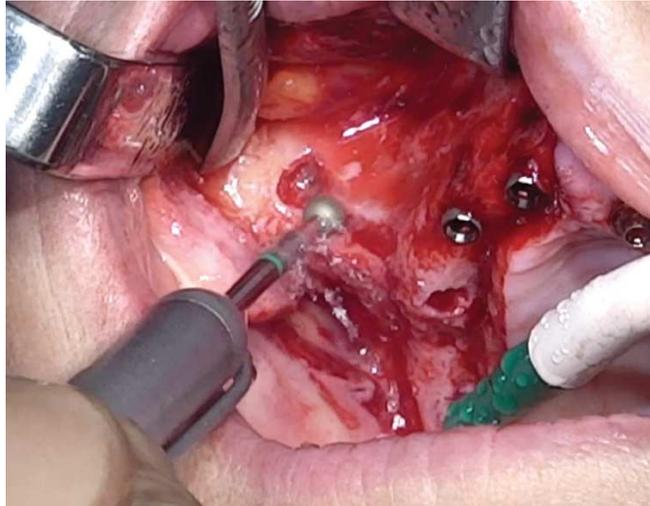


Figure 52 : Les deux points préalablement préparés sont reliés par une fraise boule afin de définir le futur trajet implantaire.

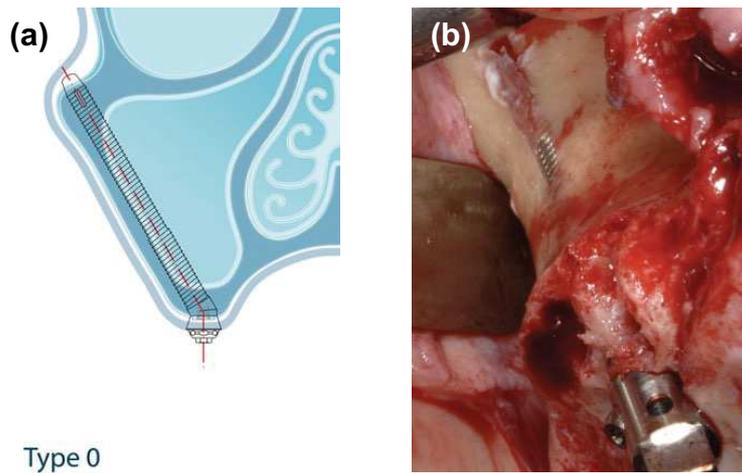
Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

Ainsi, en fonction de la relation entre le support zygomatique et le point de départ intra-oral de l'implant zygomatique, la trajectoire du corps de l'implant variera, depuis complètement intra-sinusal jusqu'à entièrement extra-maxillaire. En conséquence, cinq formes anatomiques ont été identifiées et associées à une trajectoire implantaire propre ^(3,21) :

- **ZAGA 0** : Trajet intra-sinusal (15% des cas)
- **ZAGA I** : Trajet majoritairement intra-sinusal (49% des cas)
- **ZAGA II** : Trajet majoritairement extra-sinusal (20,5% des cas)
- **ZAGA III** : Trajet extra-sinusal (9% des cas)
- **ZAGA IV** : Trajet extra-maxillaire (6,5% des cas)

❖ **ZAGA 0**

Dans la situation type ZAGA 0, le mur antérieur du maxillaire est très plat. L'ostéotomie initiale est située sur la crête alvéolaire résiduelle. Le corps de l'implant gagne l'os zygomatique en suivant un trajet intra-sinusal. L'implant est alors en contact avec l'os de la crête alvéolaire, l'os zygomatique et parfois avec le mur latéral du sinus maxillaire.



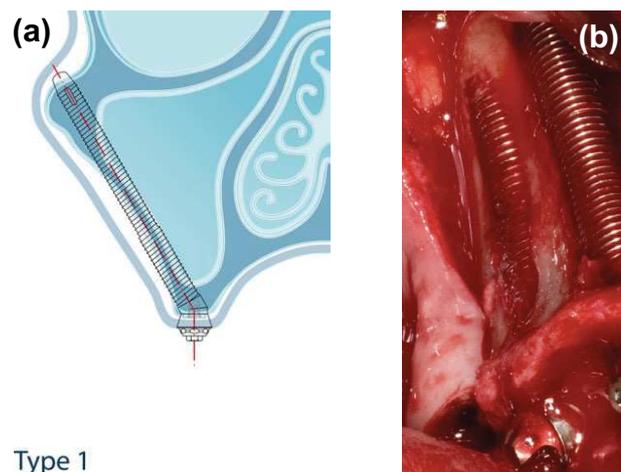
Type 0

Figure 53 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA 0.

Source : Aparicio C et al.,2014

❖ ZAGA I

La présence d'une légère concavité du mur antéro-latéral du maxillaire et la volonté de placer la tête d'implant selon un profil prothétique correct entraînent une préparation qui perfore la paroi sinusienne. La tête de l'implant se trouve sur la crête alvéolaire, tandis que la majeure partie du corps de l'implant chemine dans la paroi latérale du sinus.



Type 1

Figure 54 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire postérieure de type ZAGA I.

Source : Aparicio C et al.,2014

❖ ZAGA II

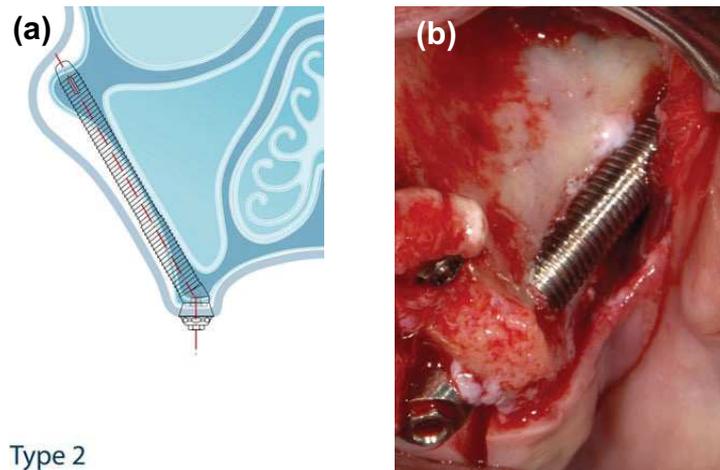


Figure 55 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA II.

Source : Aparicio C et al.,2014

En présence d'une concavité sinusienne plus marquée, le positionnement idéal de la tête d'implant contraint une grande partie du corps de l'implant à présenter une trajectoire majoritairement extra-sinusienne. Toutefois, aucun espace ne peut être observé entre la surface implantaire et la paroi antérieure du maxillaire. L'implant est alors au contact de la crête alvéolaire, du mur latéral du sinus et de l'os zygomatique.

❖ ZAGA III

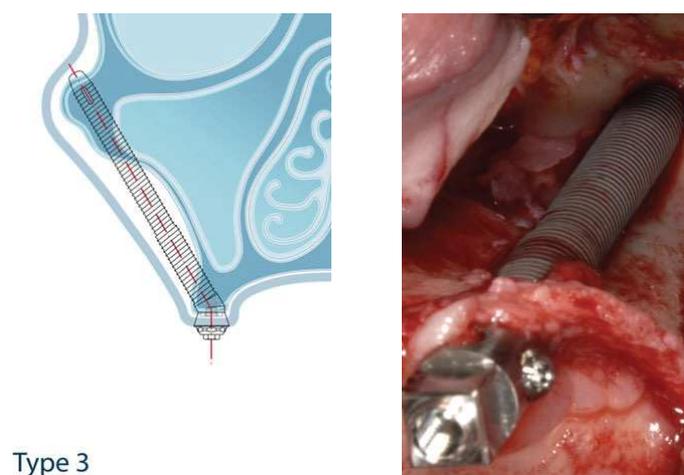
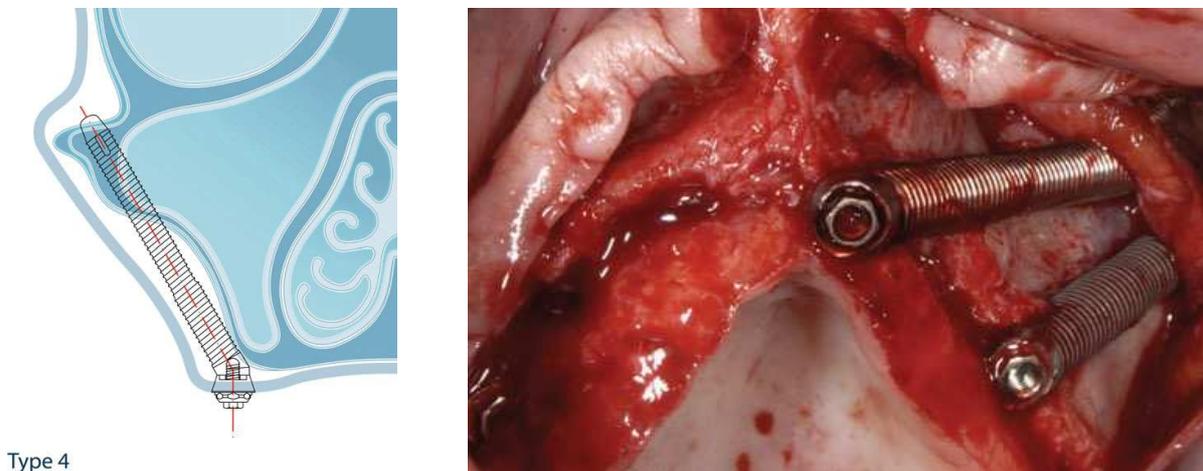


Figure 56 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA III.

Source : Aparicio C et al.,2014

Dans la situation de type ZAGA III, la tête de l'implant est toujours positionnée sur la crête alvéolaire, malgré la concavité importante du mur antérieur maxillaire. Le forage implantaire débute par un abord palatin au niveau de la crête alvéolaire puis la traverse pour aller chercher un ancrage au niveau de l'os zygomatique, dans une position plus crâniale. Le corps de l'implant adopte une trajectoire extra-sinusienne et sa partie centrale ne touche par le mur maxillaire. Ainsi l'implant est en contact avec la crête alvéolaire coronairement et avec l'os zygomatique apicalement, mais pas avec la paroi latérale du sinus maxillaire.

❖ ZAGA IV



Type 4

Figure 57 : Vues schématique (a) et clinique (b) d'une trajectoire implantaire de type ZAGA IV.

Source : Aparicio C et al., 2014

Le groupe ZAGA IV est caractérisé par une atrophie extrême de l'os maxillaire et alvéolaire dans leurs dimensions verticale et horizontale. Compte tenu de la faible épaisseur du palais, le chirurgien doit éviter tout forage à ce niveau et opter pour une trajectoire extra-maxillaire. Ainsi, la tête de l'implant est située vestibulairement par rapport à la crête alvéolaire (une préparation à minima peut toutefois être envisagée dans cette région). Le corps de l'implant suit une trajectoire non seulement extra-sinusienne, mais aussi extra-maxillaire. Seule la portion apicale de l'implant est ancrée dans l'os du bord latéro-supérieur du sinus et dans l'os zygomatique.

Chez les patients présentant une paroi latérale du sinus concave, l'utilisation de la technique du Professeur Brånemark, qui impose un trajet intra-sinusien, entraîne une émergence trop palatine de la tête de l'implant et conduit à la conception d'une prothèse volumineuse, déportée en palatin, suscitant des problèmes d'hygiène, de prononciation et d'inconfort. La technique ZAGA offre une approche plus prothétique et anatomique. La possibilité d'implanter selon un trajet extra-sinusien permet d'obtenir une émergence de la tête de l'implant dans une position respectant le couloir prothétique.⁽³⁴⁾

2.2.6.7 L'approche « Quad Zygo »

D'après la classification de Bedrossian précédemment évoquée, il existe des situations où l'os vient à manquer dans la région prémaxillaire (Zone I). Cette zone est fortement résorbée lorsqu'elle présente moins de 10 mm de hauteur et 4 mm de largeur d'os.^(34,48) Pour pallier la résorption complète du maxillaire, une solution implantaire intitulée « *Quad Zygo* » peut être envisagée. Elle consiste à mettre en place deux implants zygomatiques de chaque côté, en recherchant l'émergence la plus crestale possible.⁽⁹⁾ En 2003, Van Steenberghe et Malevez, en menant une étude sur quatorze cadavres, ont démontré que la quantité d'os disponible au niveau de l'os zygomatique est en moyenne de 14 mm de hauteur, 8 mm dans le plan frontal et 20,5 mm dans le plan sagittal, ce qui est généralement suffisant pour positionner deux implants zygomatiques par coté.^(14,66)

Le protocole de forage de l'approche « *Quad Zygo* » est le même que pour la pose d'un implant zygomatique unitaire. Toutes les techniques présentées précédemment peuvent donc être mises en œuvre. Cependant, la résorption du maxillaire est généralement si sévère que les implants se retrouvent en position extra-sinusienne. Lors de l'intervention chirurgicale, il est conseillé d'avoir un accès visuel à la corticale interne de l'os zygomatique en réalisant une petite fenêtre osseuse de 1,5 cm sur 2, entre le mur latéral du sinus maxillaire et l'os zygomatique.^(9,34) Le premier forage est celui de l'implant antérieur, servant de référence. Sa trajectoire est déterminée par l'orbite, le nerf sous-orbitaire et l'anatomie osseuse ; le forage zygomatique devra suivre à distance le rebord inférieur de l'orbite.^(7,48)

La tête de l'implant postérieur apparaîtra généralement dans la région de la seconde prémolaire ou de la première molaire, alors que la tête de l'implant antérieur sera située dans la région de l'incisive latérale ou de la canine.⁽¹¹⁷⁾ Compte tenu de la résorption horizontale et verticale du maxillaire, les têtes des implants seront positionnées le plus proche possible du sommet de la crête résiduelle. La stabilité de l'implant est uniquement assurée par la partie intra-zygomatique, ce qui correspond à environ 6 à 11 mm de support osseux.^(68,118)

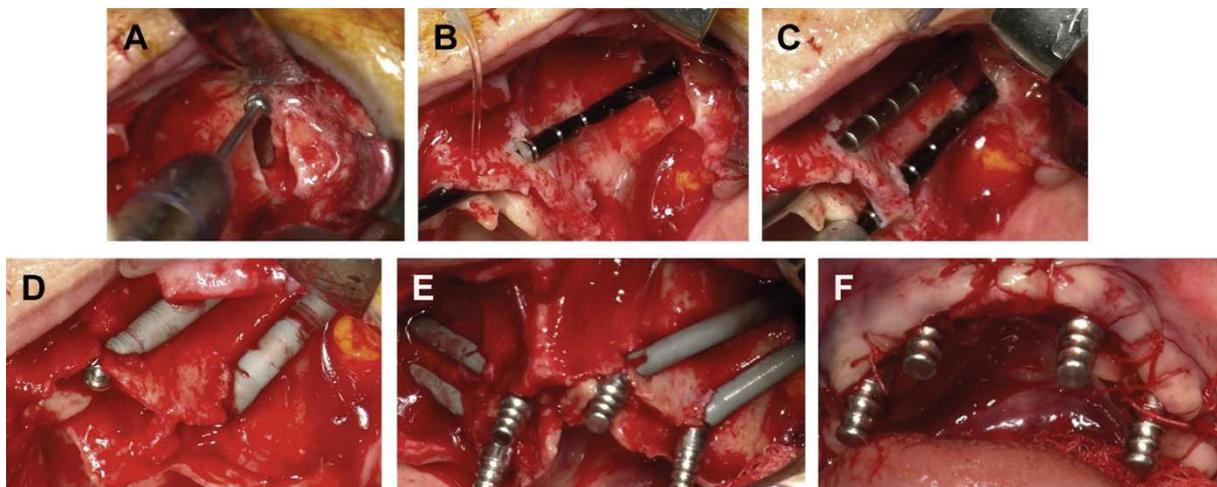


Figure 58 : (a) Réalisation d'une fenêtre osseuse entre le mur latéral du sinus et l'os zygomatique ; (b) Préparation de l'implant antérieur ; (c) Préparation de l'implant postérieur ; (d) Mise en place de deux implants de chaque côté ; (e) Mise en place de piliers provisoires sur les quatre implants ; (f) Suture avant empreinte pour la prothèse provisoire.

Source : Davo R et al., 2019

2.2.7 Choix et insertion de l'implant zygomatique

Après les étapes de forage implantaire, le chirurgien vérifie la profondeur de la préparation chirurgicale à l'aide d'un indicateur de profondeur angulé. Ainsi, il s'assure que l'implant sélectionné ne rencontrera pas d'interférence osseuse apicale lors de sa mise en place. Lorsque la préparation implantaire est terminée, une irrigation finale du sinus est réalisée avant l'insertion de l'implant.

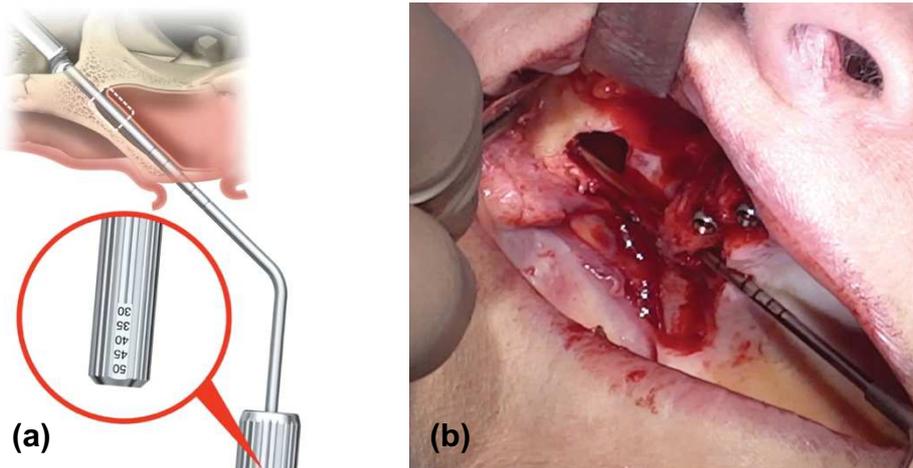


Figure 59 : (a) Schématisation de l'application de la jauge de profondeur angulée ; (b) Mise en place d'une jauge de profondeur pour définir la longueur du futur implant.

Source : (a) Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.. ; (b) Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

La mise en place de l'implant peut se faire mécaniquement à l'aide de l'unité de forage, ou manuellement à l'aide d'une poignée *Z Handle*. Cette dernière permet une plus grande maîtrise du geste. La phase délicate consiste à engager la partie apicale de l'implant dans la préparation. En effet, la sous-préparation osseuse rend parfois difficile l'insertion de la tête de l'implant dans l'os.



Figure 60 : Poignée *Z Handle* assurant l'insertion manuelle de l'implant zygomatique.

Source : Nobel Biocare Manual [En Ligne], 2013.

L'implant peut donc être inséré au moyen du guide-implant Brånemark System® RP et de l'unité de forage, en appliquant un couple d'insertion de 20 N, puis en l'augmentant jusqu'à 50 N pour faire progresser l'implant dans sa position finale. Quand le couple d'insertion atteint 40 à 50 N, la poignée *Z Handle* peut être utilisée. Il faut alors retirer le guide-implant avec la pièce à main, puis connecter la poignée à l'implant par le biais d'un adaptateur.⁽²⁴⁾

Le chirurgien tourne ensuite la poignée dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que l'implant se trouve à la profondeur d'insertion appropriée et que la tête de l'implant soit positionnée de façon optimale pour la prothèse. L'implant zygomatique est ainsi inséré lentement jusqu'à ce que sa partie apicale atteigne l'os zygomatique et que sa partie la plus large soit ancrée dans la crête alvéolaire. Le praticien vérifiera par la fenêtre sinusienne que l'angle d'insertion de l'implant reste satisfaisant, tant que son apex n'est pas engagé dans l'os zygomatique. L'implant doit affleurer tangentiellement l'os zygomatique sans saillir. Le chirurgien doit avoir un contrôle visuel de l'émergence de l'implant car, en cas de dépassement, celui-ci pourra gêner les fascias de la joue et occasionner des infections, telles que des fistules extra-cutanées.^(9,25,75)

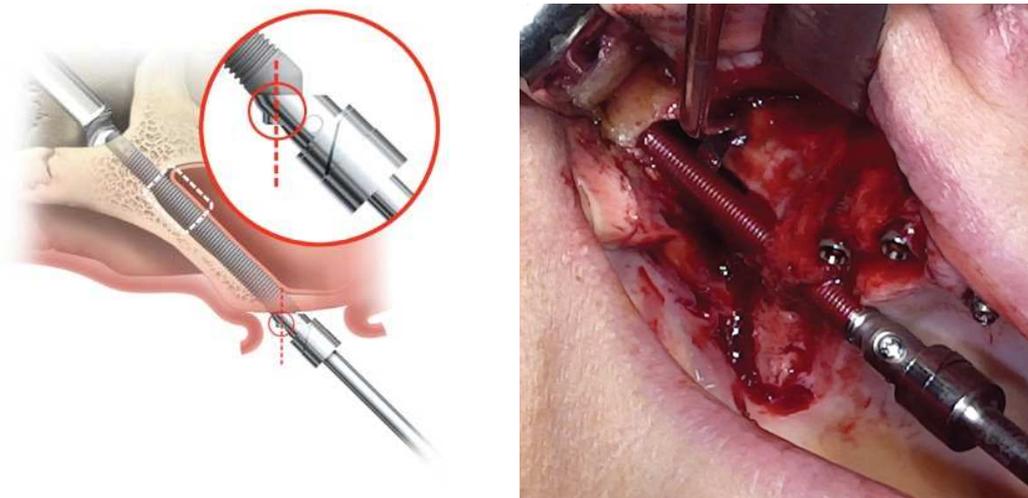


Figure 61 : Schématisation (a) et illustration clinique (b) de l'insertion d'un implant zygomatique au moyen de la poignée Z Handle.

Source : (a) Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.. ; (b) Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

Pour s'assurer de l'orientation correcte de l'implant, le chirurgien vérifie que le grand axe de la tige du tournevis est perpendiculaire à l'arcade édentée lorsque celui-ci est placé dans la vis qui maintient le porte-implant. L'angulation à 45° de la plateforme de l'implant par rapport à l'implant zygomatique lui-même lui permet ainsi d'être parallèle à la crête alvéolaire et au plan d'occlusion.

La partie apicale de l'implant zygomatique est ensuite abondamment irriguée avant de retirer les écarteurs de l'encoche fronto-zygomatique. Cette étape permet d'évacuer un nombre important de fragments osseux avant la réalisation des sutures, prévenant l'apparition d'infections sous-périostées de l'os zygomatique.⁽²⁵⁾

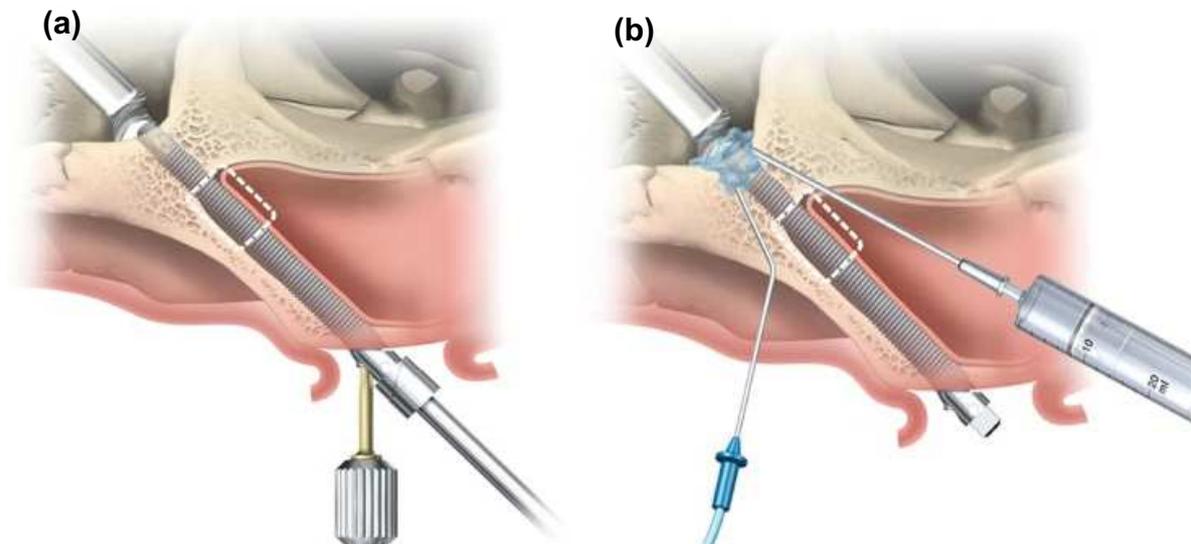


Figure 62 : (a) Vérification de la justesse de la position de la plateforme implantaire à l'aide du tournevis ; (b) Irrigation finale de l'apex implantaire.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

Enfin, le porte-implant, sécurisé à l'aide d'un fil de suture afin d'éviter toute inhalation ou ingestion, est déposé à l'aide d'un tournevis. L'implant ainsi posé doit affleurer l'os palatin. Il faut donc veiller à ce qu'aucun rebord osseux ne compromette la bonne mise en place de la vis de recouvrement (protocole en deux temps) ou du pilier multi-unit (protocole de mise en charge immédiate).

2.2.8 Choix et mise en place des piliers pour les cas de mise en charge immédiate

Le choix du pilier multi-unit standard est défini en fonction de la hauteur et de l'épaisseur de la gencive. Il doit affleurer la gencive périphérique. Compte tenu de leur angulation, les implants zygomatiques ne peuvent être utilisés seuls. Ils doivent

s'intégrer dans une structure rigide et donc être reliés avec au moins deux autres implants.^(107,119) De plus, la règle est de réaliser une prothèse transvissée, les piliers anatomiques pour prothèse scellée sont donc à proscrire. Les piliers droits sont vissés et serrés à 35 N tandis que les piliers angulés à 15 N. Lors de cette étape, le guide chirurgical en résine peut être utilisé pour vérifier le bon positionnement des piliers.⁽¹⁰⁷⁾

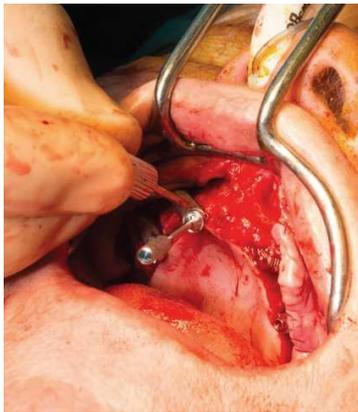


Image 1

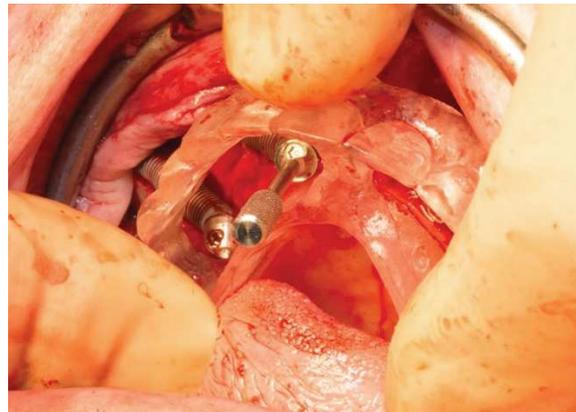


Image 2

Figure 63 : Choix et mise en place des piliers implantaires.

Image 1 : Positionnement du pilier antérieur à l'aide d'un tournevis

Image 2 : Validation de la position des piliers par le guide chirurgical.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Raphaël Bonnet

2.2.9 Repositionnement du lambeau et sutures

Le repositionnement du lambeau muco-périosté doit être pensé de manière à minimiser l'œdème et l'hématome postopératoires. Les muscles de la face antérieure de l'os zygomatique doivent être repositionnés avec soin pour éviter la formation d'un espace rétro-zygomatique. De plus, le tissu sous-muqueux est remplacé à l'aide de sutures résorbables individuelles afin que les tissus mous et le périoste couvrent la fenêtre sinusienne ouverte dans l'os maxillaire. Tout signe de fermeture insuffisante avec exposition osseuse ou sinusienne doit être immédiatement traité. L'incision légèrement déportée en palatin permet de ménager une quantité suffisante de gencive kératinisée autour de l'implant, et ce malgré la faible quantité d'os. Cette gencive épaisse permettra de prévenir des complications comme la mucosite, affection qui peut impliquer une perte osseuse autour de l'implant et une communication bucco-

sinusienne. Les sutures sont ensuite réalisées avec du fil résorbable 4.0 ou 5.0 selon la technique souhaitée.



Figure 64 : Réalisation de sutures au niveau du lambeau muco-périosté avec un fil résorbable 5.0.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

À la fin de l'intervention, un examen radiographique de contrôle bidimensionnel ou tridimensionnel permet de s'assurer de la parfaite insertion de l'implant dans l'arcade zygomatique.

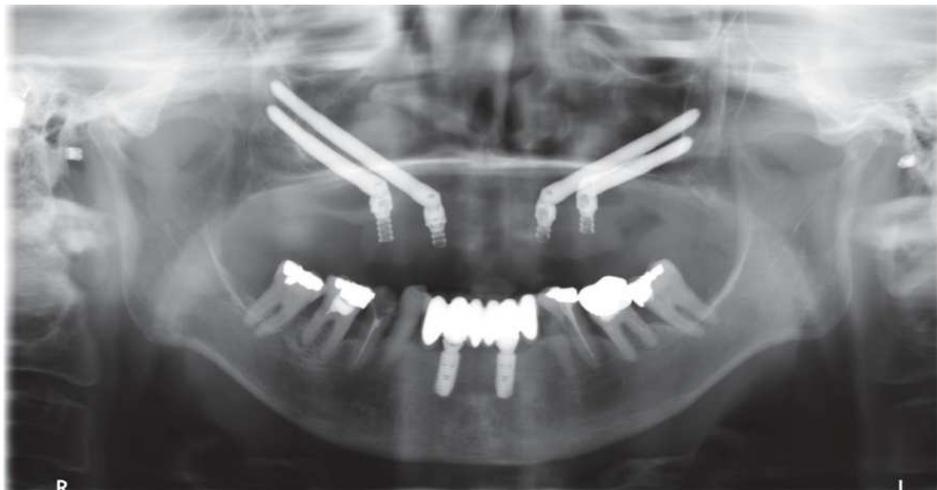


Figure 65 : Radiographie panoramique de contrôle après mise en charge provisoire.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

2.2.10 Réhabilitation prothétique provisoire et définitive

Historiquement, la technique « *Ad Modum* » préconisait l'enfouissement des implants et l'associait à une période de cicatrisation de six mois. Une prothèse provisoire amovible pouvait être posée 10 jours après l'intervention, tout en veillant à ce qu'aucune pression excessive ne soit appliquée sur la zone chirurgicale. Une réintervention sous anesthésie locale était donc nécessaire, afin d'accéder aux implants et de positionner les piliers implantaire. La prothèse amovible existante pouvait alors être convertie en bridge provisoire pendant la période de cicatrisation des tissus mous, soit 3 à 4 semaines. Enfin la prothèse fixée définitive était réalisée selon le protocole conventionnel de prothèse supra-implantaire, toujours d'actualité.

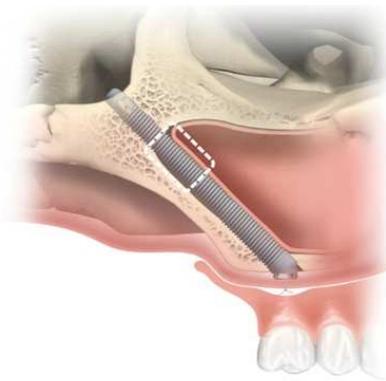


Figure 66 : Recouvrement de l'implant zygomatique par une vis de couverture le temps de la cicatrisation osseuse et muqueuse.

Source: Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

Depuis 2006, de nombreux auteurs proposent de réaliser une mise en charge immédiate le jour-même de la chirurgie, avec une prothèse transitoire transvissée en résine. Cette option thérapeutique est moins invasive, car elle ne compte qu'un seul temps chirurgical, et permet de réduire la durée du traitement. Le taux de succès est compris entre 94 % et 100 % selon les études.^(10,12-14)

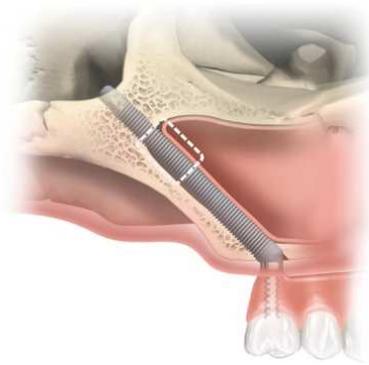


Figure 67 : Mise en charge immédiate d'une prothèse provisoire en résine.

Source : Brånemark System® Zygoma Manual, 2013.

D'après Malevez *et al.*, cette mise en charge immédiate présente plusieurs avantages⁽⁶⁾ :

- La solidarisation et la stabilisation de tous les implants.
- L'allègement de la procédure chirurgicale par l'exécution d'une opération en un temps qui facilite la création d'un joint péri-implantaire propre, et non-endommagé par une réintervention.
- Une absence de compression des tissus mous, due au port d'une prothèse amovible transitoire.
- Une réhabilitation fonctionnelle et une réinsertion rapide dans la vie professionnelle et sociale.

Pour réduire la morbidité postopératoire et permettre au patient de bénéficier d'une réhabilitation immédiate confortable, il est conseillé de décharger la prothèse provisoire afin que celle-ci n'entre pas en contact avec le site chirurgical.⁽¹⁰⁾

Après six mois d'usage, la prothèse transitoire est démontée et remplacée par une prothèse fixe transvissée. Avant de prendre l'empreinte définitive, tous les piliers sont vérifiés et resserrés au torque recommandé par le fabricant (35 N ou 15 N selon qu'ils sont droits ou angulés). La future prothèse devra répondre à des critères d'accès à l'hygiène. Le passage des brossettes inter-dentaires devra être contrôlé et appréhendé avec le patient, afin de s'assurer d'une maintenance implantaire de qualité.

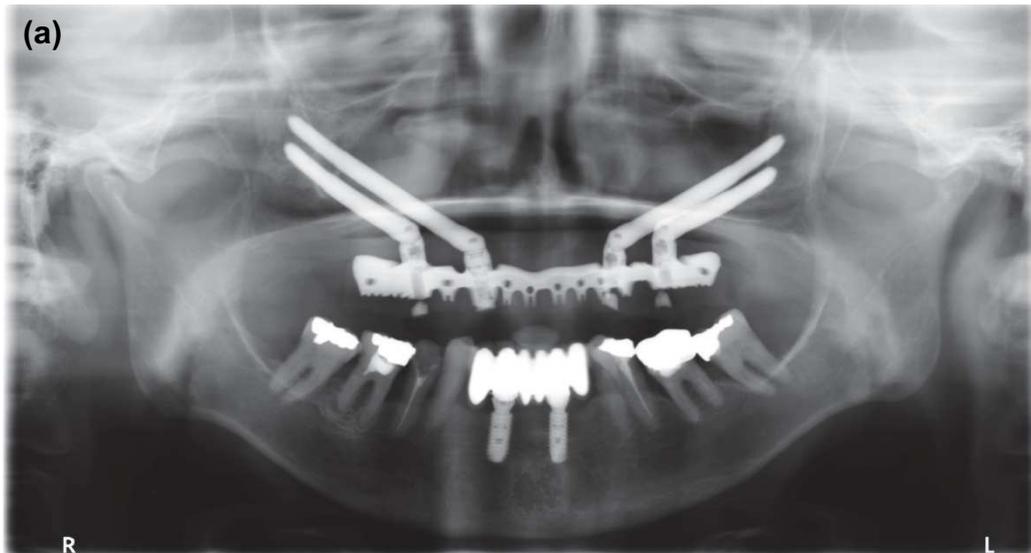


Figure 68 : (a) Radiographie panoramique avec le bridge définitif à armature rigide de type titane en place ; (b) Vue intra-buccale de la prothèse supra-implantaire définitive ; (c) Vue occlusale ; (d) Vue extra-buccale du sourire.

Source : Avec l'aimable autorisation du Docteur Sepehr Zarrine.

2.3 Prise en charge postopératoire

La prise en charge postopératoire débute généralement par la prescription d'antibiotiques appropriés, d'analgésiques d'anti-inflammatoires et de solution saline de rinçage (trois fois par jour après chaque brossage, à commencer le lendemain de l'intervention) pour une durée d'une semaine. Par la suite, le patient réalise des bains de bouche à la Chlorhexidine deux fois par jour pendant un mois. Tout gonflement doit être anticipé, c'est pourquoi il sera recommandé au patient d'appliquer localement une poche de glace, en regard du site chirurgical.

Le patient devra avoir une alimentation liquide puis semi-molle pendant toute la période de port de la prothèse immédiate provisoire (4 à 6 mois). Les forces de cisaillements, croquer ou déchirer des aliments durs lors des repas sont fortement proscrits.⁽¹¹⁷⁾ Enfin il est conseillé au patient d'éviter une augmentation de sa pression intra-sinusienne en contrôlant ses éternuements et en évitant de se moucher.

Les patients sont vus en contrôle une semaine après l'opération par l'équipe chirurgicale. On vérifie la bonne cicatrisation des tissus mous et les fils de sutures sont déposés. La fréquence des rendez-vous de suivi postopératoire est définie au cas par cas, généralement à un mois, trois mois et six mois.

À chaque visite, la stabilité de la prothèse provisoire est contrôlée, ainsi que la fonction masticatoire, la phonétique et l'esthétique. Les vis prothétiques sont resserrées si nécessaire, et l'accès à la tête des vis peut être obturé par un matériau de remplissage temporaire, souple et facilement amovible comme le silicone, ou plus permanent comme une résine composite. La prothèse provisoire immédiate est habituellement laissée en place pendant les six premiers mois de l'ostéointégration.

Un examen clinique annuel est recommandé, ainsi qu'un suivi radiographique à 1, 3 et 5 ans. Il faut encourager les patients à revenir immédiatement s'ils ressentent une douleur, une mobilité ou une instabilité.^(9,24)

**Chapitre 3 : Comparaison de l'approche
ZAGA avec la technique extra-maxillaire :
Étude rétrospective autour de 86 patients**

3 Comparaison de l'approche ZAGA avec la technique extra-maxillaire : Étude rétrospective autour de 86 cas cliniques

Cette étude rétrospective a été organisée autour de l'analyse des dossiers médicaux de 86 patients ayant été traités par la pose d'implants zygomatiques, sur une période s'étendant de septembre 2010 à décembre 2019. Les chirurgies implantaire ont été réalisées par trois opérateurs indépendants. L'utilisation de deux techniques chirurgicales différentes a permis de répartir les patients en deux cohortes.

La première cohorte, opérée selon une technique chirurgicale basée sur la classification ZAGA, est nommée **Cohorte ZAGA** et comprend 14 patients. La seconde cohorte, opérée selon la technique extra-maxillaire est constituée de 72 patients. Nous la nommerons la **Cohorte extra-maxillaire**.

3.1 Objectifs

Le présent travail a pour objectif d'exploiter les données de l'ensemble des cas cliniques afin d'en retirer certains renseignements anatomiques, cliniques et chirurgicaux. Ce travail d'analyse permettra de comparer les différentes techniques chirurgicales pour la pose d'implants zygomatiques, et d'évaluer les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles. L'approche ZAGA sera comparée à la technique extra-maxillaire.

- Objectif primaire :

- Comparer le taux de succès implantaire pour la pose d'implants zygomatiques en fonction des techniques chirurgicales.

- Objectifs secondaires :

- Évaluer la survenue de complications en fonction de la technique employée.
- Évaluer, à l'aide d'un questionnaire, la satisfaction subjective des patients en fonction de la technique utilisée.

3.2 Matériels et méthodes

3.2.1 Matériels

3.2.1.1 Implants

Au total, 236 implants zygomatiques en titane ont été placés dans l'os maxillaire par trois chirurgiens. Dans chacune des cohortes, chaque chirurgien a eu recours à plusieurs systèmes implantaires.

❖ Cohorte ZAGA :

Trois types d'implants zygomatiques différents ont été utilisés dans cette cohorte (les deux premiers ont précédemment fait l'objet d'une description dans ce travail de thèse) :

- Le Brånemark Zygoma System[®] (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)
- Le NobelZygoma 45°[®] (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)
- Le HE Zygomatic Implant Neodent[®] (Institut Straumann group AG) : il s'agit d'un implant cylindrique avec un état de surface dépourvu de spires, et doté d'une connectique à hexagone externe. Cet implant présente une différence de diamètre entre sa partie coronaire (4,4mm) et sa partie apicale (3,9mm)⁽¹²⁰⁾

Par ailleurs, différents implants standards ont également été posés :

- L'implant Straumann[®] Bone Level Tapered (BLT), Roxolid[®] et SLActive[®] (Institut Straumann group AG, Basel, Switzerland) : il s'agit d'un implant cylindro-conique et auto-taroudant.⁽¹²¹⁾
- L'implant Straumann[®] BLX, Roxolid[®] et SLActive[®] (Institut Straumann group AG, Basel, Switzerland) : nous avons ici un implant cylindro-conique auto-taroudant et auto-forant qui présente un diamètre unique de 3,75mm.
- L'implant NobelActive[®] (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden) : il s'agit d'un implant à double filetage conique doté d'une surface TiUnite[®].⁽¹²²⁾

❖ Cohorte extra-maxillaire :

Dans ce groupe, deux systèmes implantaires zygomatiques et deux systèmes implantaires standards ont été employés :

- Le Brånemark Zygoma System® (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)
- Le NobelZygoma 45°® (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)
- L'implant NobelSpeedy® (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden) : c'est un implant cylindro-conique avec une connectique à hexagone externe, doté d'un double filetage et d'une surface TiUnite®. Il est auto-taroudant et possède un apex tranchant.⁽¹²²⁾
- L'implant NobelParallel Conical Connection TiUltra® RP (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden) : il s'agit d'un implant cylindro-conique avec une connectique à hexagone interne.⁽¹²²⁾

3.2.1.2 Matériels d'imagerie

Le recueil des informations s'est fait par le biais de l'imagerie :

3.2.1.2.1 *Orthopantomogramme*

Comme dans tout bilan pré-implantaire, un orthopantomogramme a été réalisé chez l'ensemble des patients. Il a été utilisé pour déterminer la hauteur osseuse résiduelle du maxillaire, identifier les structures anatomiques et la présence d'éventuelles pathologies. Deux types d'appareils radiographiques ont été employés :

- Le GX CB-500 by I-CAT de Gendex
- Le CS 8100 3D de Care Stream Dental.

3.2.1.2.2 *Cone Beam Computer Tomography (CBCT)*

Quelle que soit la technique pratiquée, chaque opérateur a réalisé en préopératoire un examen tridimensionnel de type CBCT pour permettre une planification chirurgicale des implants zygomatiques. Deux types d'appareils radiographiques ont été utilisés : GX CB-500 by I-CAT de Gendex et CS 8100 3D de Care Stream Dental. Cet examen a également été réalisé en postopératoire afin de contrôler le bon positionnement des implants zygomatiques et l'absence de complication.

3.2.1.2.3 *Logiciels de lecture et de planification chirurgicale*

L'estimation du volume osseux résiduel a été réalisée à partir de toutes les coupes scannographiques à l'aide de plusieurs logiciels de lecture de données :

- CS3 Imaging Software et Planification CareStream ou Co DiagnostiX pour la cohorte ZAGA.
- Nobel Clinician, utilisé jusqu'en 2018 puis remplacé par DTX Studio Implant, et Free i-CAT Vision® pour la cohorte extra-maxillaire.

3.2.1.3 Matériel nécessaire à la chirurgie implantaire zygomatique

L'ensemble des chirurgies se sont déroulées dans un bloc opératoire. Le matériel nécessaire au déroulement de l'opération se composait de :

- Une table-pont stérile
- Un moteur avec une pièce à main
- Un contre-angle implantaire
- Une solution d'irrigation implantaire (sérum physiologique) 500mL
- Une solution iodée : Bétadine
- Des aiguilles tronculaire et para-apicale
- Une seringue et olive
- Des cartouches de molécules adrénalinées
- Un porte-lame

- Une lame bistouri 15
- Un décolleur de Molt
- Un décolleur de Obwegeser
- Un écarteur de Obwegeser contre-coudé
- Un décolleur de sinus avec plusieurs angulations
- Des compresses stériles
- Une fraise-boule en tungstène
- Un foret-pilote
- Une trousse chirurgicale pour la pose d'implants zygomatiques (fraise-boule à col long, séquence de forets de diamètres croissants)
- Une jauge de profondeur
- Les implants avec un porte-implant
- Une poignée d'insertion manuelle de l'implant
- Une trousse implantaire standard pour les implants antérieurs
- Du matériel de suture : porte-aiguille, précelle, ciseaux
- Du fil de suture : Monofast® 5.0 ou Serapid® 4.0

3.2.1.4 Questionnaire de satisfaction

À la fin de cette étude, tous les patients ont été contactés par téléphone afin de leur soumettre un questionnaire (*cf. Annexe n°1*) ayant pour but d'évaluer le degré de satisfaction des patients en fonction de la thérapeutique dispensée. Les patients ont répondu à 12 questions à l'aide d'une échelle de satisfaction allant de 0 à 5. Le score le plus haut correspondait au meilleur niveau de satisfaction, tandis que le pire niveau était exprimé par le score le plus bas. Les résultats ont ensuite été convertis en pourcentage. Chaque patient a donné son accord pour l'anonymisation et l'utilisation de ces données à visée pédagogique.

3.2.1.5 Logiciel pour le regroupement des données

Le traitement du recueil de l'information a été effectué à l'aide du logiciel Microsoft® Excel pour Mac (Version 16.27, 2019) sous forme de tableaux (*cf. Annexe 2*). Les paramètres relevés pour chaque patient ayant eu des implants zygomatiques sont les suivants :

- Le sexe et l'âge au moment de la pose
- La technique utilisée
- Le nombre d'implants zygomatiques posés
- Le système implantaire
- Le nombre d'implants standards antérieurs et postérieurs posés
- Le type de réhabilitation
- Les comorbidités (dont le tabac)
- Les complications associées
- Le recours au recouvrement implantaire par le corps adipeux de la joue
- Le temps de suivi
- La survie implantaire
- Le succès implantaire
- La satisfaction subjective

3.2.2 Méthodes

3.2.2.1 Critères de l'étude

3.2.2.1.1 *Analyse des données*

Les patients ont tous été adressés par des chirurgiens-dentistes omnipraticiens. Les patients souffraient d'édentements partiels ou totaux du maxillaire et souhaitaient une réhabilitation prothétique fixe par pose d'implants. Les patients ont été informés de toutes les alternatives thérapeutiques existantes, des risques chirurgicaux possibles et leur consentement écrit a été recueilli. Aucun patient ne présentait de pathologie générale ou locale contre-indiquant la chirurgie.

3.2.2.1.2 Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Une restauration d'atrophie sévère du maxillaire avec au moins 3 implants dont un implant zygomatique selon la technique ZAGA ou la technique extra-maxillaire, faisant suite ou non à un échec implantaire associé à une greffe osseuse.
- Un temps de suivi minimum de 4 mois.

3.2.2.1.3 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion de l'étude étaient :

- Patient opéré uniquement avec des implants conventionnels
- Patient opéré avec des implants zygomatiques par une autre technique chirurgicale
- Refus ou absence de suivi.

3.2.2.2 Description du protocole chirurgical

En amont des interventions, chaque patient a bénéficié d'un examen clinique buccal complet, ainsi que d'un bilan d'imagerie avec orthopantomogramme (OPT) et imagerie tridimensionnelle (CBCT). Chaque patient a également reçu au préalable un détartrage et des instructions d'hygiène orale, afin d'assainir au mieux la cavité buccale avant le geste chirurgical. Par ailleurs, chaque patient s'est vu prescrire une prémédication, à savoir :

- Des antibiotiques (Amoxicilline/acide clavulanique) : 2g/jour, à commencer la veille de l'intervention puis à continuer pendant 8 jours.
- Des corticoïdes (Prednisolone) : 1mg/kg/jour, à commencer le matin de l'intervention puis à continuer pendant 3 jours.
- Des antalgiques de palier 1 (Paracétamol) : 1g toutes les 6h, sans dépasser 4g par jour.

Les chirurgies implantaires zygomatiques ont été réalisées selon des conditions d'asepsie strictes au bloc opératoire sous anesthésie locale ou générale. Chaque patient a bénéficié d'une désinfection de la cavité buccale par bain de bouche et d'une décontamination extra-orale de la zone péri-buccale jusqu'aux orifices nasaux. Toutes les interventions se sont déroulées selon les protocoles propres à chaque technique, décrits précédemment dans ce travail de thèse. À la fin de chaque chirurgie, les piliers implantaires ont été recouverts de capuchons de cicatrisation. Après l'étape des sutures, l'empreinte fut réalisée avec un silicone, par addition au pistolet-injecteur, sur les transferts d'implants adaptés. L'ensemble des patients a profité d'une mise en charge d'un bridge transvissé provisoire sur des piliers multi-unit dans les 24h suivant la chirurgie. La prothèse définitive a été réalisée après 4 à 6 mois.

3.2.2.3 Prise en charge postopératoire

Un contrôle radiologique par OPT ou CBCT a été effectué immédiatement après l'opération, afin de s'assurer du bon positionnement des implants zygomatiques. Quelle que soit la technique utilisée, le traitement de sortie était commun à tous les patients. Il comprenait de l'amoxicilline/acide clavulanique 2g/jour pendant une semaine, des corticoïdes pendant trois jours, des antalgiques de palier I et des bains de bouche à la Chlorhexidine pendant dix jours. Une alimentation tendre était préconisée pendant toute la période d'ostéointégration.

3.2.2.4 Rendez-vous de contrôle

❖ *Cohorte ZAGA :*

Trois rendez-vous étaient fixés après la chirurgie. Le premier se déroulait dix jours après l'intervention pour vérifier la bonne cicatrisation des tissus mous et déposer les fils de suture. À deux mois avait lieu un second rendez-vous qui permettait d'évaluer la prothèse provisoire, de contrôler l'occlusion et la régler si nécessaire. Enfin, le changement de la prothèse provisoire par la prothèse fixe définitive était réalisé après

quatre ou six mois. Au cours de cette consultation, la prothèse transitoire était démontée, les implants testés. Le praticien contrôlait l'état des tissus mous, la profondeur des poches et l'absence de saignement au sondage. Un examen radiographique bi- ou tridimensionnel était également pratiqué, afin de vérifier l'absence de complications sinusiennes et de perte osseuse au niveau des implants.

❖ *Cohorte extra-maxillaire :*

Le déroulement était identique à celui de la cohorte ZAGA, à l'exception du fait qu'il n'y avait pas de contrôle postopératoire à dix jours.

3.2.2.5 Évaluation clinique

Les critères de succès clinique pour les implants conventionnels, d'après Buser et al, étaient : l'absence de douleur, des tissus mous péri-implantaires non-inflammatoires, l'absence de suppuration, et l'absence de mobilité des implants.⁽¹²³⁾ Des critères de succès différents de ceux des implants conventionnels ont été nécessaires pour évaluer les taux de succès des implants zygomatiques. D'après Aparicio (2014), le « *Zygomatic Succes Code* » définit le succès d'un implant zygomatique par ⁽³⁾ :

- La stabilité de l'implant
- L'absence de pathologie sinusienne active (sinusite maxillaire ou rhinosinusite)
- L'état des tissus mous péri-implantaires (moins de sept spires apparentes)

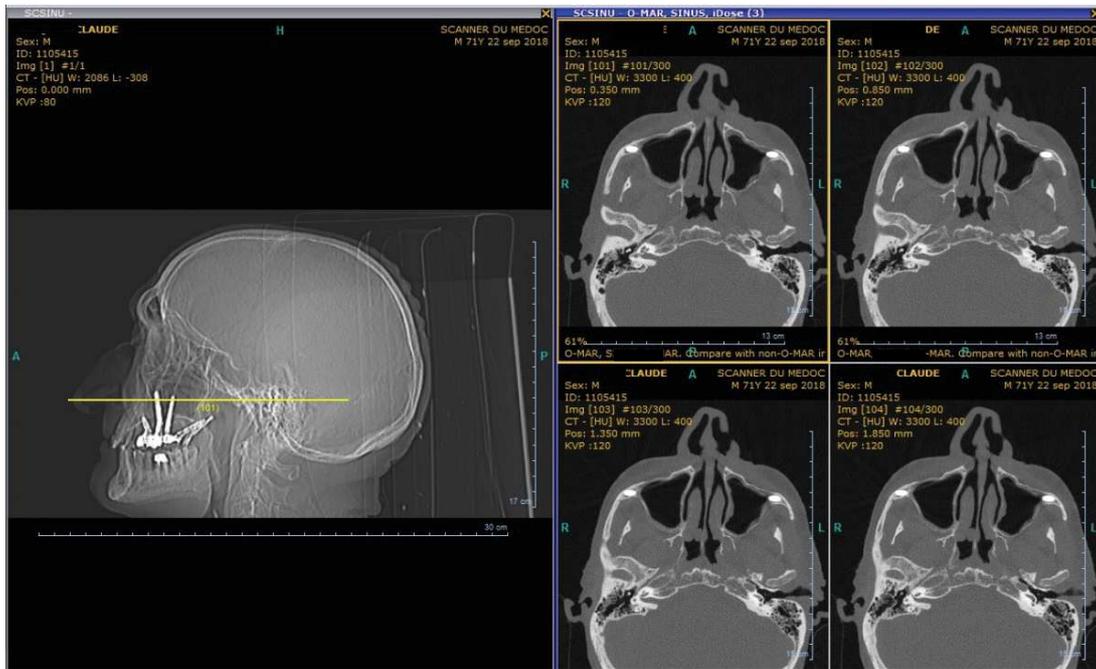
Les implants zygomatiques qui ne répondaient pas aux critères du « *Zygomatic Succes Code* » furent considérés comme un échec implantaire. L'ensemble des complications biologiques et échecs notifiés dans les dossiers médicaux ont été collectés et reportés dans un tableau Excel, puis regroupés de manière à définir une causalité.

3.2.2.6 Évaluation radiographique

Les mesures ont été réalisées informatiquement grâce aux logiciels CS3 Imaging Software® et Free i-CAT Vision®, à partir des radiographies de contrôle postopératoire de type panoramique et/ou CBCT. Des images dans les plans frontal, sagittal et transversal ont été obtenues pour la plupart des implants zygomatiques étudiés. La méthodologie de mesure radiographique a été la suivante :

- Localiser la position de l'émergence des implants zygomatiques sur la crête alvéolaire.
- Vérifier le bon positionnement apical des implants zygomatiques et l'absence de complication.
- Évaluer la perméabilité du complexe ostéo-méatal droit et gauche de chaque patient.
- Évaluer l'état de la muqueuse sinusienne.
- Dans la cohorte ZAGA, dans le plan frontal, nous avons estimé la position des implants zygomatiques par rapport à la crête alvéolaire et au mur antérieur du maxillaire, de façon à catégoriser les implants selon la classification ZAGA.

La perte osseuse marginale au niveau de la crête osseuse entourant les implants n'a pas été prise en considération.



3.2.2.7 Analyse des informations

Le traitement des informations recueillies a été effectué à l'aide du logiciel statistique Shiny Stat GMRC®, développé au sein des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg. Les calculs de significativité ont été réalisés à partir de plusieurs test statistiques (test de Student, test de Mann & Whitney, etc.) Le seuil de significativité retenu correspond à $p < 0,05$.

3.3 Résultats

Les résultats cliniques figurent dans le *Tableau 1* :

	Approche ZAGA	Approche extra-maxillaire
Nombre de patients	14	72
Nombre totale d'IZ	25	211
Temps de suivi en mois	15,357 +/- 5	18,843 +/- 4
Moyenne d'âge	65,643 +/- 6,990	63,029 +/- 9,119
Fumeurs	4 (28,57%)	12(16,67%)
Sexe	H : 7(50%) ; F : 7(50%)	H : 27(37,5%) ; F 45(62,5%)
Taux de succès	100%	97,63%
Significativité	p>0,05	p>0,05

Tableau 1 : Résultats cliniques de l'étude rétrospective

Source : Document personnel

3.3.1 Population clinique

3.3.1.1 Cohorte ZAGA

Les patients de la cohorte ZAGA, opérés par un seul praticien, ont reçu des implants zygomatiques et des implants conventionnels durant la période allant du 22 septembre 2016 au 9 juillet 2019. L'ensemble des chirurgies implantaires s'est déroulé sous anesthésie locale sur une période de suivi de 4 mois à 3 ans. La durée de suivi moyenne de ce groupe est de 15,4 mois avec un écart type de 5 mois. 14 patients ont été inclus dans cette étude rétrospective. Ils présentaient tous un os maxillaire atrophié ; 10 d'entre eux étaient totalement édentés, 4 ne l'étaient que partiellement

Parmi ces patients, 7 étaient des hommes et 7 étaient des femmes, âgés de 55 à 77 ans. L'âge moyen était de 65,6 ans avec un écart type de 7 ans. 10 patients étaient

non-fumeurs, tandis que 4 patients fumaient entre 5 et 10 cigarettes par jour (soit 28,6% de fumeurs). Concernant l'historique médical des patients, celui-ci est détaillé dans le *Tableau 2*.

Historique médical	Nombre de patients
HTA	2
Diabète de type 2	1
Hypothyroïdie	1
Insuffisance rénale	1
Allergie à la pénicilline	1
Apnée du sommeil : SAOS	1
Psoriasis	1
Tabac	4
Traitement antiagrégant plaquettaire (dans le cadre de la pose d'un stent)	1

Tableau 2 : Antécédents médicaux de la cohorte ZAGA

Source : Document personnel

3.3.1.2 Cohorte extra-maxillaire

Les patients de la cohorte extra-maxillaire ont été traités avec des implants zygomatiques et des implants conventionnels posés au bloc opératoire par deux opérateurs, au cours de la période allant du 6 septembre 2010 au 25 janvier 2019. 72 patients ont participé à cette étude rétrospective sur une période de suivi de 4 mois à 4 ans. La durée moyenne de suivi était 18,4 mois avec un écart type de 4 mois.

Parmi les patients, 26 étaient des hommes et 46 étaient des femmes, âgés de 34 à 84 ans. L'âge moyen du groupe était de 63 ans avec un écart type de 4 ans. 61 patients étaient non-fumeurs, 11 patients étaient fumeurs dont 6 fumant entre 1 et 9 cigarettes par jour et 5 fumant plus de 10 cigarettes par jour. Au sujet de l'historique médical des patients, celui-ci est détaillé dans le *Tableau 3*.

Historique médical	Nombre de patients
Gastralgie	7
HTA	15
Tabac	11
Diabète de type 2	4
Allergie (au latex et Amidopiridine)	2
Asthme	4
Ostéoporose (Evista)	1
Polyarthrite rhumatoïde	1
Crise d'angor	1
Hypothyroïdie	2
Arythmie cardiaque	1
Pontage fémoral	1
Insuffisance aortique	1
Phlébite	2
Traitement anticoagulant (Préviscan® et Xarelto®)	2
Traitement antiagrégant plaquettaire (Kardégic® et Clopidogrel®)	7

Tableau 3 : Antécédents médicaux de la cohorte extra-maxillaire

Source : Document personnel

3.3.2 Classification de la cohorte ZAGA

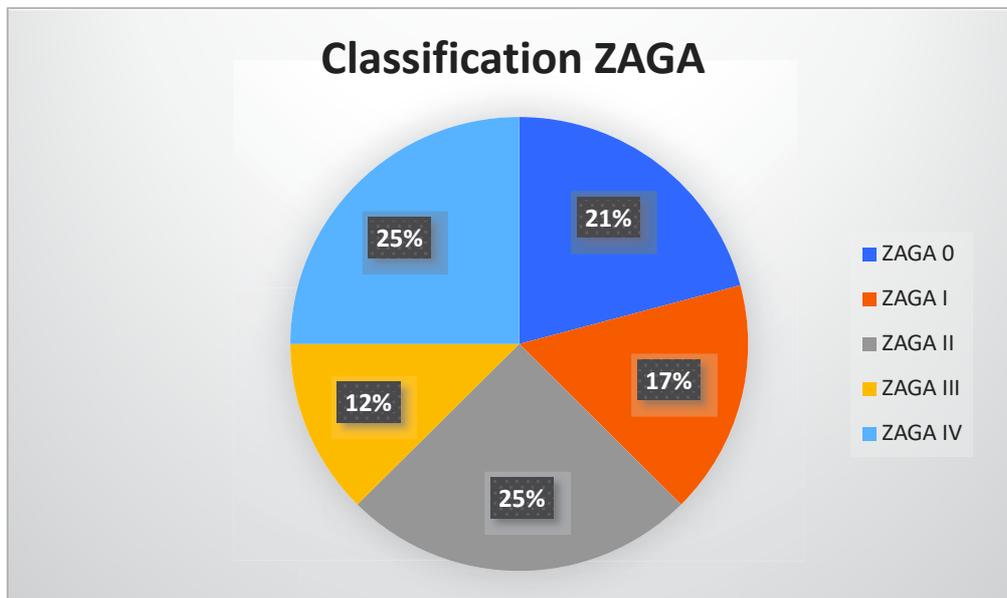


Figure 70 : Diagramme donnant la répartition des patients dans les différents groupes ZAGA.

Source : Document personnel

Selon la concavité du mur antérieur du maxillaire et selon le chemin des implants zygomatiques, les patients ont été divisés en cinq catégories. On retrouve des proportions assez similaires entre les différents groupes :

- 21% (n=5) de ZAGA 0 : Trajet intra-sinusien
- 17% (n=4) de ZAGA I : Trajet intra-sinusien puis extra-sinusien
- 25% (n=6) de ZAGA II : Trajet extra-sinusien puis intra-sinusien
- 12% (n=3) de ZAGA III : Trajet extra-sinusien
- 25% (n=6) de ZAGA IV : Trajet extra-maxillaire

3.3.3 Résultats implantaires

3.3.3.1 Cohorte ZAGA

Un total de 25 implants zygomatiques de longueurs variables (*cf. Tableau 4*) a été placé. Parmi eux, on compte :

- 16 implants Nobel Zygoma 45°® (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)
- 3 implants Brånemark System® TiUnite® (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden)
- 6 HE Zygomatic Implant Neodent®.

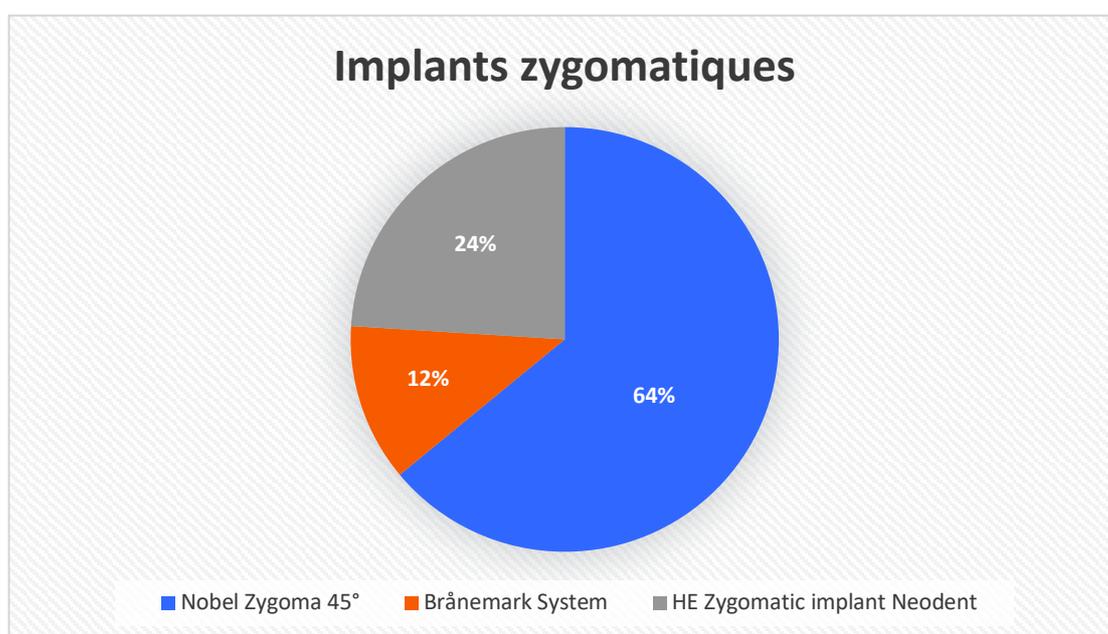


Figure 71 : Répartition des différents systèmes implantaires dans la cohorte ZAGA.

Source : Document personnel

Huit implants zygomatiques antérieurs ont été placés dans la région latéro-canine contre dix-sept implants postérieurs dans les régions prémolo-molaires. L'ensemble de ces implants zygomatiques a été placé selon un protocole chirurgical modifié en 2008, dans lequel les implants sont posés selon le concept ZAGA. La réhabilitation orale de ces patients s'est répartie entre le « *Quad Zygo* » (n=2) et les restaurations hybrides (association d'implants zygomatiques et standards, n=12).

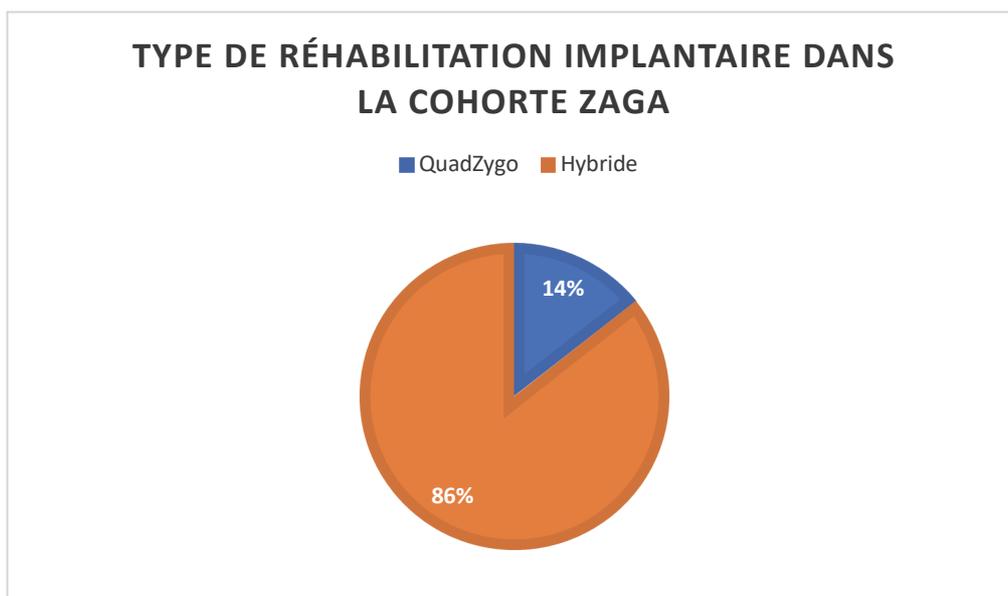


Figure 72 : Répartition des différentes réhabilitations implantaire dans la cohorte ZAGA sous forme de diagramme.

Source : Document personnel

Trente-et-un implants conventionnels, d'une longueur comprise entre 8 et 18mm et d'un diamètre compris entre 3,3 et 4,1mm, ont été ancrés dans l'os maxillaire résiduel en association avec les implants zygomatiques. Les patients ont bénéficié d'une combinaison d'un à deux implants zygomatiques avec deux, trois, quatre ou cinq implants standards (*cf. Tableau 5*). Parmi ces derniers, on comptait :

- 14 implants Straumann BLT[®],
- 12 implants Straumann BLX[®]
- 5 implants Nobel Active[®]

Parmi ces implants standards, deux ont été ancrés dans le processus ptérygoïde de l'os sphénoïde. Par ailleurs, deux patients ont auparavant profité d'une réhabilitation implantaire type *all on 4* et *all on 6* par un autre praticien. Dans leur cas, la pose d'implants zygomatiques compensait la perte d'un ou plusieurs implants standards ou l'échec de la greffe osseuse. La distribution des longueurs des implants zygomatiques est présentée dans le *Tableau 4*.

Longueur des implants zygomatiques en mm	Nombre d'implants zygomatiques placés
30 mm	1
32,5 mm	1
35 mm	4
37,5 mm	1
40 mm	6
42,5 mm	1
45 mm	4
47,5 mm	3
50 mm	1
52,5 mm	2

**Tableau 4 : Répartition par longueur des implants zygomatiques dans la
cohorte ZAGA**

Source : Document personnel

Nombre d'implants conventionnels	2	3	4	5
1 implant zygomatique	3	3	0	3
2 implants zygomatiques	4	0	0	0

**Tableau 5 : Relation entre le nombre d'implants conventionnels et le nombre
d'implants zygomatiques dans la cohorte ZAGA**

Source : Document personnel

3.3.3.2 Cohorte extra-maxillaire

Dans la cohorte extra-maxillaire, un nombre total de 296 implants en titane ont été posés, dont 211 implants zygomatiques et 85 implants standards. Les implants zygomatiques utilisés dans cette cohorte étaient répartis ainsi :

- 145 implants Brånemark System Zygoma TiUnite®
- 66 implants Nobel Zygoma 45°® (Nobel Biocare AB, Gothenburg, Sweden).

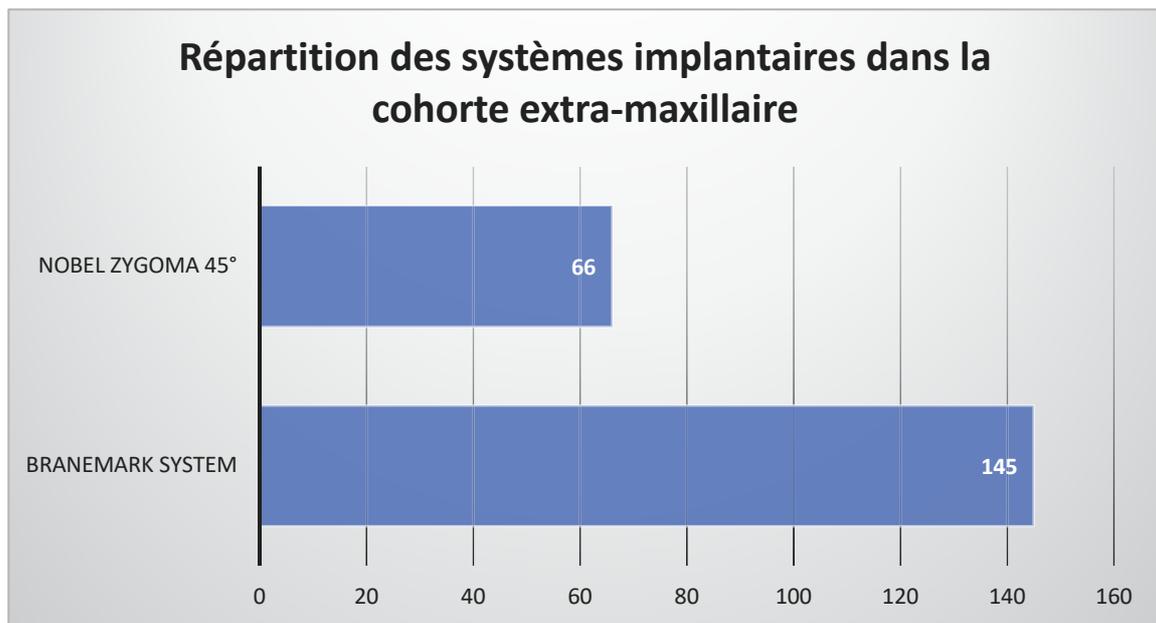


Figure 73 : Graphique informant sur la distribution des systèmes implantaires dans la cohorte extra-maxillaire.

Source : Document personnel

Les patients ont bénéficié d'une réhabilitation orale hybride combinant implants zygomatiques et implants conventionnels (40 patients) ou « Quad Zygo » (32 patients) selon le protocole de la technique extra-maxillaire (cf. Figure 74).

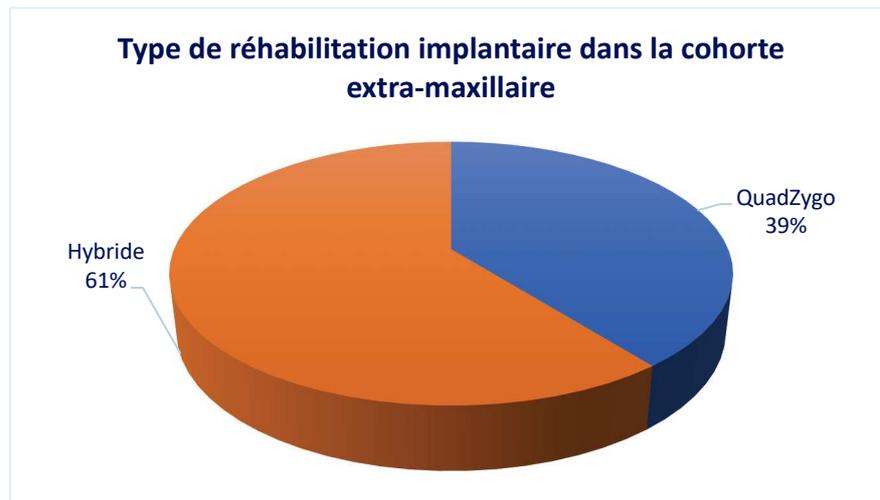


Figure 74 : Graphique montrant la distribution des réhabilitations implantaires dans la cohorte extra-maxillaire.

Source : Document personnel

Les implants standards Nobel Speedy® (Nobel Biocare) mis en place dans la région antérieure du maxillaire avaient une longueur comprise entre 10 et 18mm et un diamètre de 4mm. La distribution des implants zygomatiques en fonction du nombre d'implants standards antérieurs est présentée dans le *Tableau 6*.

Nombre d'implants antérieurs	1	2	3	4	5
1 implants zygomatique	0	0	3	0	0
2 implants zygomatiques	0	19	9	4	0
3 implants zygomatiques	4	2	0	0	0

Tableau 6 : Relation entre le nombre d'implants conventionnels antérieurs et le nombre d'implants zygomatiques dans la cohorte extra-maxillaire

Source : Document personnel

3.3.4 Succès implantaire

Le taux de succès implantaire a été calculé à travers une analyse statistique de chacune des cohortes. Dans la cohorte ZAGA, le taux de succès implantaire est de 100%. En revanche, il est 96,68% pour la cohorte extra-maxillaire. En effet, 7 implants zygomatiques ont été considérés comme un échec, en raison d'une sinusite persistante, d'une déhiscence vestibulaire avec plus de sept spires apparentes ou d'une perte d'implant. Cependant, la régression logistique bayésienne avec distribution de Cauchy montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le taux de succès implantaire ZAGA et le taux de succès extra-maxillaire ($p=0,5205$). Nous ne pouvons donc affirmer la supériorité d'une technique par rapport à l'autre.

3.3.5 Complications

Les complications survenues pour chacune des techniques sont détaillées dans le *Tableau 7* :

	Approche ZAGA	Approche extra-maxillaire
Complications par patient	n=2 : 14,29%	n=12 : 16,67 %
Complications par implant	n=2 : 8%	n=24 : 11,37%
Hémosinus	n=1 : 4%	n=1 : 0,47%
Sinusite	0%	n=5 : 2,37%
Communication bucco-sinusienne	0%	n=3 : 1,42%
Fracture de l'os zygomatique	0%	n=1 : 0,47%
Douleur épisodique	0%	n=4 : 1,90%
Récession	n=1 : 4%	n=5 : 2,37%
Déhiscence vestibulaire	0%	n=5 : 2,37%

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des complications survenues dans chaque cohorte.

Source : Document personnel

Une analyse statistique a été menée sur la survenue des complications de chaque cohorte rapportée au nombre total d'implants zygomatiques posés. Dans la cohorte ZAGA sont survenues 8% de complications contre 11,37% pour l'approche extra-maxillaire. Toutefois, le test statistique par régression logistique mixte n'a pas montré de différence significative quant à la survenue de complications entre l'approche ZAGA et la technique extra-maxillaire ($p=0,967472$).

3.3.5.1 Cohorte ZAGA

Sur les 14 patients traités par la technique ZAGA, un patient présentait un hémوسinus asymptomatique, en cours de résorption. Aucun cas de saignement important peropératoire en rapport à une lésion de l'artère alvéolo-antrale n'a été observé. Par ailleurs, il a été observé à l'examen clinique une rétraction gingivale de 2 mm autour du pilier d'un l'implant zygomatique présentant un trajet ZAGA 4, un an après la chirurgie. Dans la cohorte ZAGA, nous ne retrouvons aucun échec implantaire, le taux de succès est donc de 100% (*cf. Tableau 7*).

3.3.5.2 Cohorte extra-maxillaire

Compte tenu de la présence d'un nombre plus important de patients et d'un temps de suivi plus long, un plus grand nombre de complications a été reporté (*cf. Figure 75*).

- **À court terme :**
 - Une fracture de l'os zygomatique après mise en charge des implants zygomatiques
 - Une tuméfaction de la joue droite associée à des douleurs
 - Un cas de douleurs quand la patiente s'exprime, parle, probablement due à l'irritation du muscle orbiculaire de la bouche
 - Un important hématome postopératoire
 - Des paresthésies transitoires : elles n'ont pas été quantifiées, mais aucune paresthésie définitive n'a été objectivée.
 - Une sinusite à un mois postopératoire

- **À moyen terme :**

- Perte de deux implants zygomatiques
- Petite fenestration asymptomatique en regard d'un implant au niveau de la gencive libre
- Deux patients présentaient une mucosite
- Un cas d'hémosinus présent à 6 mois postopératoire.

- **À long terme :**

- 3 patients ont eu des troubles sinusiens à long terme : trois communications bucco-sinusiennes associées à une infection sinusienne avec nécessité de méatotomie et remplacement des tissus mous. Les sinusites maxillaires n'ont pas disparu et provoquent un à deux épisodes infectieux par an.
- Deux patients présentaient des spires apparentes au niveau de leurs implants zygomatiques (5 déhiscences vestibulaires).
- Cinq récessions, objectivées chez 3 patients.

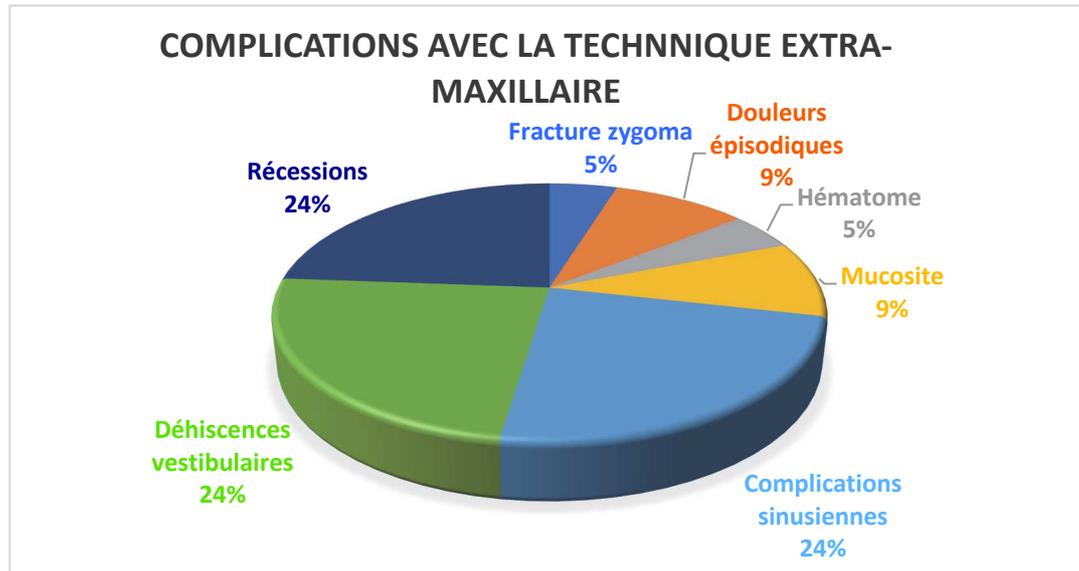


Figure 75 : Distribution des différentes complications dans la cohorte extra-maxillaire.

Source : Document personnel

3.3.6 Satisfaction

Sur l'ensemble des deux cohortes (n=86), 36 questionnaires de satisfaction ont pu être complétés. Ce questionnaire avait pour objectif d'évaluer le plaisir de manger, le niveau de confort, l'estime de soi mais également l'appréciation de l'esthétisme de la prothèse. Le degré de stress avant la chirurgie et les propositions de greffes osseuses comme alternatives ont également été abordés dans ce formulaire.

Pour chacune des techniques, la satisfaction moyenne obtenue est très bonne. En effet, pour l'approche ZAGA on retrouve un score moyen de 49,4 sur 55, soit 89,8% de satisfaction pour un total de dix questionnaires récupérés. Pour la technique extra-maxillaire, on trouve un score moyen similaire de 48,5 sur 55, soit 88,2% de satisfaction pour un total de 26 questionnaires récupérés. Un test de Mann & Whitney a été réalisé pour savoir quelle technique chirurgicale présentait le meilleur taux de satisfaction subjective rapporté au nombre de patients. Les résultats ne nous permettent pas de conclure si une des techniques est significativement plus satisfaisante que l'autre, p étant égal à 0,466 (cf. *Tableau 8*).

	B1\$SATISFACTION	B1\$METHODE = 1	B1\$METHODE = 2
Effectifs présents	36,000	10,000	26,000
Proportions de présents	41,379	71,429	35,616
Effectifs manquants	51,000	4,000	47,000
Proportions de manquants	58,621	28,571	64,384
Moyenne	48,722	49,400	48,462
Écart-type	6,768	7,121	6,754
Minimum	23,000	30,000	23,000
Q1	47,750	48,750	47,000
Médiane	51,000	52,000	50,000
Q3	53,000	53,000	52,750
Maximum	54,000	54,000	54,000
Écart interquartile	5,250	4,250	5,750
"Test de Mann & Whitney: p = 0,466"			

Tableau 8 : Résultats de l'enquête de satisfaction subjective en fonction de la technique chirurgicale.

Source : Document personnel

Par ailleurs, une alternative de greffe osseuse a été proposée à 50 % des patients traités par l'approche ZAGA et à 37 % des patients pris en charge avec la technique extra-maxillaire.

3.4 Discussion

3.4.1 Technique originale

À l'origine, le professeur Brånemark a développé la technique originelle « *Ad Modum* » qui consistait à pallier les greffes osseuses dans un but de réhabilitation des atrophies sévères du maxillaire par la pose d'implants zygomatiques en position intra-sinusienne.⁽⁴⁾ À cette époque, les implants étaient enfouis et la réhabilitation prothétique avait lieu en deux temps, avec une période de cicatrisation de 6 mois.⁽³⁴⁾ Les études du début des années 2000 montraient des taux de survie satisfaisants.^(4,34,124) Cependant le gain de temps était faible par rapport aux techniques de greffes osseuses. À partir de 2006, plusieurs auteurs tels que Bedrossian, Davo et Aparicio ont proposé de réaliser la mise en charge immédiate d'une prothèse fixe transitoire dans les 24 heures suivant la chirurgie ; permettant ainsi une réduction considérable de la durée et du coût du traitement. Le taux de succès thérapeutique est compris entre 94% et 100% selon les études.^(10,12,13)

Cependant, cette technique intra-sinusienne, encore utilisée aujourd'hui car elle montre des résultats prédictibles, présente un inconvénient majeur, retrouvé dans de nombreuses études, à savoir : une émergence palatine excessive de la tête des implants zygomatiques.^(45,61,108,125-127) Cette émergence palatine résultait d'une volonté de maintenir le corps de l'implant contre la paroi antérolatérale d'un sinus maxillaire, dont la concavité peut être très marquée. Par conséquent, la prothèse définitive réalisée était volumineuse et causait des problèmes d'élocution, d'inconfort et des difficultés à maintenir une hygiène correcte. D'un point de vue biomécanique, cette émergence palatine augmentait le port à faux vestibulo-palatin ainsi que le risque de fracture prothétique. Les articles scientifiques se rapportant à cette technique intra-sinusienne restent prédominants, mais ces dernières années ont vu apparaître un

nombre croissant de publications relatives aux approches extra-sinusiennes et anatomo-dépendantes, ainsi que des études comparatives entre ces nouvelles méthodes chirurgicales et la technique originale.

Compte tenu des inconvénients inhérents à la technique intra-sinusienne, elle se voit progressivement remplacée au profit de l'approche chirurgicale modifiée ZAGA et par la technique extra-maxillaire. Aujourd'hui, dans la littérature scientifique, aucune étude ne compare les techniques extra-maxillaire et ZAGA. La plupart des auteurs comparent leurs résultats à ceux de la technique intra-sinusienne. Du fait du risque plus important de complications sinusiennes, biologiques et mécaniques engendrées par cette dernière, les arguments en faveur de leur propre technique sont d'autant plus remarquables.⁽¹⁰⁸⁾

3.4.2 Technique chirurgicale modifiée, basée sur l'approche ZAGA

Dans la cohorte ZAGA, le traitement des patients s'est déroulé selon la technique basée sur la classification ZAGA, avec réalisation d'une fenêtre osseuse dans les situations anatomiques correspondant à ZAGA 0, ZAGA 1 ou ZAGA 2. Le principe même de l'approche ZAGA est d'adapter la technique chirurgicale au patient et non l'inverse. Cette technique autorise, quand l'anatomie le permet, de conserver un appui osseux palatin.⁽³⁴⁾ Comme nous avons pu le voir dans le chapitre 2, le concept ZAGA peut s'appliquer à toutes les variantes anatomiques du maxillaire, que la paroi antérieure du maxillaire soit plate, concave voir extrêmement concave. Le placement de l'implant zygomatique selon les principes ZAGA optimise le support osseux, ce qui est essentiel pour les patients atteints d'atrophie sévère du maxillaire. L'implant vient obstruer l'ostéotomie réalisée sur le mur antéro-latéral du maxillaire, ce qui minimise le risque de contamination sinusienne.

Par ailleurs, avec cette classification, le chirurgien sera amené à ménager de façon optimale l'os disponible au niveau du corps et du col de l'implant dans la plupart des groupes ZAGA (à l'exception de ZAGA type 4). Par conséquent, les implants seront placés plus crestalement, avec un risque moindre de communication bucco-sinusienne. Enfin, l'intégration du concept ZAGA dans la pose d'implants

zygomatiques aide le chirurgien à avoir une meilleure gestion des tissus mous par rapport à la technique extra-maxillaire puisque, dans la plupart des cas, le col implantaire est serti d'os.⁽³⁾

3.4.3 Technique extra-maxillaire

En 2008, la technique extra-maxillaire est née d'une volonté de réduire les complications sinusiennes liées aux trajets intra-sinusiens des implants zygomatiques. Cette approche repose sur le principe d'utilisation d'un implant zygomatique se logeant contre le maxillaire et s'ancrant uniquement dans l'os zygomatique. Cette technique a été mise en œuvre pour les raisons suivantes :

- Positionner l'implant en dehors du sinus maxillaire afin de préserver l'intégrité de la membrane de Schneider et de réduire les complications sinusiennes
- Insérer l'implant dans l'os zygomatique avec une orientation et un angle permettant de fournir une surface de contact entre l'os et l'implant plus importante, à l'origine d'une meilleure stabilité mécanique.⁽⁷²⁾
- Placer la tête de l'implant le plus proche possible du sommet de la crête maxillaire ; ainsi, les puits d'accès aux vis prothétiques sont positionnés au plus près des faces occlusales des dents, évitant ainsi les extensions palatines.

Cette technique présente l'avantage de permettre une visualisation directe de la séquence de forage pendant la préparation chirurgicale. Il en résulte une chirurgie facilitée et une sécurité améliorée.

Cependant, elle présente l'inconvénient d'éliminer de l'os alvéolaire au niveau du col implantaire, ce qui influence négativement le support biomécanique de l'implant et de la prothèse.^(56,57,128,129)

3.4.4 Discussion autour des résultats

3.4.4.1 Âge

L'âge moyen de la cohorte ZAGA est de 65,4 ans contre 63 ans pour la cohorte extra-maxillaire. On peut en conclure que les populations traitées par des réhabilitations implantaires zygomatiques sont relativement âgées, expliquant ainsi la présence d'atrophies sévères du maxillaire, pouvant être causées par des édentements anciens, des maladies parodontales ou par le port d'appareils amovibles iatrogènes. Toutefois, ce critère n'a aucune influence significative sur les résultats de l'étude. Dans l'étude de Aparicio *et al.*, datant de 2014 et s'intéressant à la technique ZAGA, l'âge moyen était de 63 ans.⁽¹⁰⁸⁾ Ce chiffre est comparable à celui que nous avons obtenu dans notre étude. En revanche, Malò *et al.* rapportent un âge moyen de 53,5 ans chez les patients inclus dans leur étude et opérés par la technique extra-maxillaire.⁽⁵¹⁾

3.4.4.2 Sexe

On retrouve une distribution équitable d'hommes (50%) et de femmes (50%) dans la cohorte ZAGA. Dans la cohorte traitée par la technique extra-maxillaire, la part de femmes est plus importante et correspond à 62,5% des effectifs, contre seulement 37,5 % d'hommes. Pour autant, le sexe n'a pas eu d'effet significatif sur le succès implantaire de chaque groupe ($p > 0,05$). À noter que le sexe des patients n'est que rarement mentionné et pris en compte dans les études issues de la littérature scientifique.

3.4.4.3 Tabac

Les deux cohortes comportent des patients fumeurs : 28,57% pour le groupe ZAGA et 16,67% pour le groupe extra-maxillaire. Néanmoins, dans cette étude, le facteur de confusion « Tabac » n'a pas eu d'effet significatif sur le taux de succès

implantaire ($p>0,05$). Cette conjecture a été appuyée par un certain nombre d'auteurs qui ont rapporté qu'il n'y aurait pas d'augmentation du taux d'échecs implantaires zygomatiques chez les patients fumeurs.^(113,124,127,130) En dépit de ces conclusions, l'influence négative de la fumée sur l'ostéointégration implantaire a été maintes fois démontrée. Le tabac entraîne une accélération du processus de résorption osseuse autour de l'implant.⁽¹³¹⁾

3.4.4.4 Implants

La cohorte ZAGA présentait des effectifs réduits (14 patients présentant 25 implants zygomatiques) comparativement à la seconde (72 patients soignés à l'aide de 211 implants). Il en résulte donc deux cohortes hétérogènes quant au nombre de patients et d'implants zygomatiques posés. Cette répartition inégale des deux groupes constitue un premier biais dans cette étude.

De plus, 86% des patients traités par l'approche ZAGA ont bénéficié d'une réhabilitation hybride contre 60,66% des patients de la technique extra-maxillaire. Rapportés au nombre d'implants zygomatiques, les patients de la cohorte ZAGA ont bénéficié en moyenne de 1,8 implants zygomatiques par personne (25 implants pour 14 patients) contre 2,98 pour la seconde cohorte. (211 implants pour 72 patients). Ces chiffres s'expliquent principalement par le fait que les patients traités par la technique extra-maxillaire ont plus souvent bénéficié d'une réhabilitation « *Quad Zygo* » ou d'une réhabilitation hybride avec un nombre plus élevé d'implants zygomatiques (*cf. Tableau 7*). Après avoir analysé dans chaque cohorte l'influence du type de réhabilitation implantaire sur le succès implantaire, nous avons pu apporter la conclusion qu'il n'y a pas de conséquence significative ($p=0,43577$). Ce résultat confirme celui de l'étude systémique de Aboul Hosn *et al.* de 2018 qui ne révèle aucune différence significative entre les réhabilitations hybrides et les réhabilitations « *Quad Zygo* » concernant le taux de survie implantaire.⁽¹³²⁾

Enfin, les différents systèmes implantaires ont également été évalués et n'ont pas révélé d'influence significative sur le succès implantaire ($p>0,05$).

3.4.4.5 Suivi implantaire

Les patients de la cohorte ZAGA ont été suivis sur une période de 4 mois minimum, allant jusqu'à un maximum de 3 ans, la période moyenne de suivi étant alors de 15,4 mois. Quant aux patients traités par l'approche extra-maxillaire, ils ont tous bénéficié d'un suivi de 4 à 6 mois avant de passer à la prothèse définitive. Par la suite, ils étaient contrôlés par leur dentiste traitant. Seuls sont revenus les patients ayant subi des complications avec leur traitement. Nous sommes donc partis du principe que tous les patients qui n'étaient pas revenus se trouvaient en bonne santé et ne présentaient pas de complication particulière. Ce manque de suivi pour les patients supposés « en bonne santé » constitue un second biais. Il en résulte un taux de suivi relativement court de 18,8 mois.

Ainsi le temps de suivi comparable des cohortes nous mène à nuancer nos résultats en regard du faible recul clinique. Il apparaît logique d'objectiver de meilleurs taux de succès pour des durées de suivi faibles. Il est intéressant de noter que dans ce travail de thèse, seul le temps de suivi a eu une influence significative sur le succès implantaire. En effet, en tenant compte des facteurs de confusion, le temps de suivi a eu un effet significatif sur le succès dans la technique extra-maxillaire : nous avons observé qu'un mois supplémentaire de suivi augmentait significativement le risque d'échec d'environ 8%. En d'autres termes, plus le suivi est long, plus on a de probabilité d'avoir un échec implantaire dans la technique extra-maxillaire.

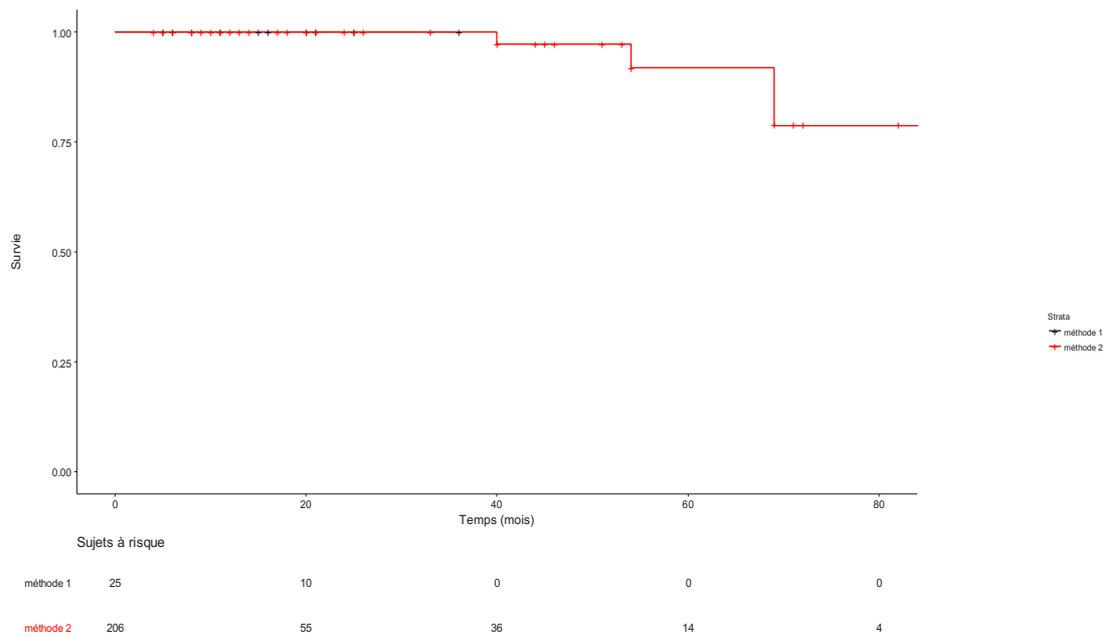


Figure 76 : Analyse de la courbe du succès implantaire des cohortes en fonction du temps de suivi par l'estimateur Kaplan-Meier.

Source : Document personnel

Cette courbe de Kaplan-Meier exprime le succès implantaire cumulé en fonction de la durée de suivi pour chaque implant.

Au début, le tracé de la cohorte ZAGA se confond avec celui de la technique extra-maxillaire, car son succès implantaire est de 100 %. On observe qu'il n'y a plus aucun suivi au sein de cette cohorte après une période de 40 mois. Pour la cohorte extra-maxillaire, certains implants font l'objet d'une surveillance clinique et radiographique se prolongeant jusqu'à 89 mois. Nous observons un taux de succès implantaire de 97,2% à 40 mois pour les 56 implants encore suivis. À 54 mois, le succès implantaire est de 91,8% pour 36 implants. À 69 mois, 14 implants sont encore surveillés et le taux de succès tombe à 78,7%. Enfin, le taux de succès chute à 39,4% pour les 4 derniers implants contrôlés à 89 mois. Ce tracé permet de comprendre le biais de suivi des implants de la cohorte extra-maxillaire : la période de suivi est très variable d'un cas à l'autre, ce qui explique que les derniers patients contrôlés présentaient un nombre croissant de complications, se traduisant par plus d'échecs implantaires et par un taux de succès cumulé largement inférieur à celui de toute la cohorte.

3.4.4.6 Survie implantaire

En 2013, Chrcanovic *et al.* ont publié une revue systématique dans laquelle les taux de survie présentés étaient de 98,4% pour les implants zygomatiques, toutes durées de suivi confondues (celles-ci étaient variables en fonction des études).⁽¹⁵⁾ Cette revue a été mise à jour en 2016, prenant alors en compte 68 études. Le taux de survie à 12 ans était de 95,21% pour l'ensemble des implants zygomatiques, quelque soit la technique employée.⁽¹⁷⁾

En ce qui concerne notre étude, nous avons rapporté un taux de survie de 100% chez les patients traités par l'approche ZAGA contre 99,05 % pour les patients traités par la technique extra-maxillaire (deux implants ne se sont pas ostéointégrés). Les deux cohortes ayant bénéficié de la mise en charge prothétique immédiate, nous avons cherché à comparer nos résultats avec ceux d'études ayant été menées dans des conditions similaires aux nôtres. Nos conclusions apparaissent alors comparables à celles d'autres études à long terme portant sur le sujet. En effet, dans la littérature scientifique, nous retrouvons des taux de survie implantaire compris entre 98,2% et 98,8% dans la technique extra-maxillaire pour un suivi de 6 mois à 7 ans.^(19,20,51,133) Concernant la technique ZAGA, les taux de survie cumulés sont compris entre 95,5% et 96,82% pour une période de suivi de 3 à 7-8ans.^(3,108) Le temps de suivi plus long au sein des études portant sur l'approche ZAGA pourrait expliquer cette différence de résultats.

3.4.4.7 Succès implantaire

Aucun échec n'a été reporté dans le premier groupe, il en résulte un taux de succès implantaire de 100%. En revanche dans le second groupe, nous avons pu objectiver trois infections sinusiennes persistantes, deux déhiscences vestibulaires (exposition supérieure à 7 spires) et la perte de deux implants zygomatiques. Sept implants zygomatiques ont donc été considérés comme des échecs implantaires. Il en découle un taux de succès de 96,68 %.

Cependant, il règne une certaine confusion dans de nombreux articles issus de la littérature scientifique, lesquels ne faisant souvent pas la différence entre taux de survie et taux de succès implantaires. Il est pourtant généralement admis que le taux de survie se définit comme la persistance de l'implant, tandis que le taux de succès doit correspondre au nombre d'implants encore fonctionnels, ne présentant pas de complication, et est basé sur des critères cliniques et radiographiques précis. ^(96,134) L'absence de standardisation concernant ces deux notions est responsable de la confusion des lecteurs. Elles sont parfois utilisées à tort, la prudence est donc de mise quant à l'interprétation des résultats. Généralement, les auteurs ne définissent pas de critères de succès et concluent leurs études sur des taux de de survie implantaire. Par ailleurs, les complications ne sont pas systématiquement reportées, ce qui conduit à une sous-estimation du nombre d'échecs.⁽¹⁵⁾

Les taux de survie et de succès présentés par notre étude rétrospective sont très élevés et légèrement supérieurs à ceux des revues systématiques de la littérature. ^(16,17) Rappelons toutefois que les résultats au sein de chacune des cohortes doivent être nuancés, du fait d'un période de suivi relativement courte. En effet, les complications implantaires ou prothétiques apparaissent avec le temps et la mise en fonction des réhabilitations.

Goiato *et al.* concluent leur article sur un taux de survie implantaire de 97,86% à 7 ans. Chrcanovic *et al.*, quant à eux, témoignent d'un taux de survie de 95,21% à 12 ans.^(16,17)

Diverses hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la différence de taux de succès entre les cohortes ZAGA et extra-maxillaire. La cohorte ZAGA présente un temps de suivi plus court, la probabilité d'apparition de complications et d'échecs est donc moindre. En effet, certaines complications, comme la sinusite, peuvent survenir plusieurs années après la chirurgie.⁽⁴⁾ De plus, la cohorte ZAGA comprend peu de patients (quatre fois moins) et le nombre d'implants zygomatiques posés par patient est de 1,8 contre 2,98 dans le cadre de la technique extra-maxillaire. Cette dernière a également fait plus souvent appel à l'approche « *Quad Zygo* ». Il est évident que la pose unilatérale de deux implants zygomatiques est plus complexe que le placement d'un seul et est donc susceptible d'entraîner plus de complications et d'échecs

implantaires. Il n'est néanmoins pas possible d'affirmer la supériorité de la technique ZAGA sur la technique extra-maxillaire ($p=0,42590$), du fait d'un temps de suivi trop court et d'un nombre insuffisant d'implants zygomatiques à évaluer.

3.4.4.8 Évaluation des complications

L'étude menée par Chrcanovic *et al.* (2016) conclut que la plupart des échecs se produisent aux premiers stades postopératoires. La principale complication observée est la sinusite, qui peut apparaître plusieurs années après la chirurgie.⁽¹⁷⁾

Dans notre étude, nous retrouvons respectivement 8% et 11,37% de complications sur les 25 implants zygomatiques de la cohorte ZAGA (deux implants concernés) et les 211 implants zygomatiques de la cohorte extra-maxillaire (vingt-quatre implants concernés). Les deux complications observées dans la cohorte ZAGA sont un hémorosinus et une récession gingivale.

Le pourcentage plus élevé de complications pour la technique extra-maxillaire s'explique par un temps de suivi plus long et par une cohorte plus conséquente. Les principales complications retrouvées sont :

- La sinusite : 4 cas de sinusites concernant 5 implants (2,37%)
- Les déhiscences vestibulaires : 5 déhiscences vestibulaires chez 2 patients (2,37%)
- Les récessions : 5 récessions chez 3 patients (2,37%)

Par ailleurs, nous avons relevé d'autres complications moins fréquentes :

- Douleurs épisodiques : 4 implants (1,90%)
- Communications bucco-sinusiennes : 3 implants (1,42%)
- Mucosites : 2 implants (0,95%)
- Fracture de l'os zygomatique : 1 implant (0,47%)

Les temps de suivis moyens des deux cohortes pourraient paraître comparables pour évaluer le risque d'apparition de complications. Toutefois, les premiers implants zygomatiques de la cohorte extra-maxillaire ont été posés beaucoup plus tôt (2010)

que dans la cohorte ZAGA (2016). La plupart des patients n'ont été contrôlés qu'au cours de la période provisoire de 4 à 6 mois, et quelques-uns seulement ont été revus plus tard, car ils avaient développé des complications symptomatiques. Finalement, on obtient un temps de suivi moyen proche de celui de la cohorte ZAGA. En réalité, si un nombre plus important de patients traités par la technique extra-maxillaire ont été revus dans cette étude pour des complications à long terme, cela est dû au fait que les implants avaient été posés plus tôt. Certains patients sont revenus plusieurs années après la chirurgie parce qu'ils avaient développé une sinusite maxillaire. Certaines communications bucco-sinusiennes à l'origine de sinusites peuvent mettre plusieurs années à s'établir du fait d'une résorption osseuse progressive autour de l'implant. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que les complications potentielles de la cohorte ZAGA sont sous-évaluées.

Cependant, l'analyse par régression logistique mixte n'a démontré aucune différence significative concernant la survenue de complications pour l'une ou l'autre techniques car $p=0,967$.

3.4.4.8.1 Complications sinusiennes

❖ Hémosinus

D'après Timmenga *et al.*, pratiquement tous les sinus maxillaires opérés se remplissent de sang et deviennent radio-opaques après la chirurgie.⁽¹³⁵⁾ Un cas d'hémosinus a été objectivé dans chacune des cohortes. Dans la cohorte ZAGA, l'hémosinus objectivé concernait un patient présentant un maxillaire type ZAGA 1. Cette complication peut s'expliquer par le trajet intra-sinusien de l'implant, susceptible d'entraîner une hémorragie. Pour celui de la cohorte extra-maxillaire, il est probablement dû à la lésion d'une artère lors de la préparation implantaire. Après respectivement un an et six mois postopératoire, aucun hémosinus ne s'est résorbé. Le patient du groupe extra-maxillaire a été adressé à un chirurgien ORL afin de réaliser une méatotomie et de retrouver une bonne ventilation du sinus.

❖ Sinusite

La prévalence de sinusites que nous trouvons dans notre étude rétrospective est faible (2,37%) et comparable aux résultats de la revue systématique de Chrcanovic *et al.* en 2016, qui rapportait un risque de sinusite de 2,4% pour l'ensemble des implants zygomatiques posés, toutes techniques chirurgicales confondues.⁽¹⁷⁾

Dans notre étude, quatre infections sinusiennes sont apparues chez 4 patients sur un total de 72 pour la cohorte extra-maxillaire, ce qui représente un pourcentage de 5,5%. Nous utiliserons ce chiffre car, dans la littérature, les infections sinusiennes sont généralement rapportées au nombre de patients et non au nombre d'implants zygomatiques posés.

Dans la littérature, huit études ont décrit la pose d'implants zygomatiques en position extra-sinusienne, dont le but était de réduire la prévalence des problèmes sinusiens, récurrents lors de l'application de la technique originale de Brånemark.^(19,20,51,53,113–116) La plupart de ces études n'ont reporté aucun épisode infectieux sinusien.^(53,113–116) Seules trois d'entre elles ont décrit des complications sinusiennes maxillaires, malgré l'emploi de la technique extra-maxillaire.^(19,20,51)

En 2008, Malo *et al.* ont reporté 4 sinusites chez 4 patients sur un total de 29, ce qui représente 13,79% de sinusites. Toutefois ce chiffre, supérieur à nos résultats personnels, est à manipuler avec prudence car toutes ces sinusites maxillaires ont été diagnostiquées avant la chirurgie et ont été aggravées au moment de l'opération par l'effraction de la membrane de Schneider. Elle se sont toutes résolues par une antibiothérapie ou par une méatotomie.⁽¹⁹⁾

En 2014, Malo *et al.* ont observé 16 % de sinusites maxillaires. Toutes les sinusites avaient également été diagnostiquée lors de l'examen préopératoire et se sont elles aussi résolues par le traitement évoqué précédemment.⁽⁵¹⁾

Enfin, en 2015, Malo *et al.* ont objectivé 7 % d'infections sinusiennes (26 cas de sinusites). Parmi ces 26 cas, 21 avaient été diagnostiqués avant l'intervention. On peut donc supposer que seulement 5 sinusites ont réellement été provoquées par

l'intervention chirurgicale en elle-même, ce qui correspond à un taux de complications sinusiennes bien moindre.⁽²⁰⁾

Ainsi, paradoxalement, on retrouve parfois dans certaines études un pourcentage plus élevé de sinusites pour la technique extra-maxillaire. Nous l'expliquerons par le fait que certains praticiens décident d'opérer des patients atteints d'une pathologie sinusienne en partant du principe que l'implant ne pénétrera pas le sinus, alors que d'autres auteurs, comme Aparicio, considèrent la sinusite maxillaire comme une contre-indication à l'intervention chirurgicale selon la technique ZAGA. En examinant les résultats de ces trois études, nous pouvons estimer que le diagnostic d'une sinusite maxillaire et/ou la déchirure de la membrane de Schneider semblent augmenter le risque d'infections sinusiennes.

Le taux de survenue de sinusites de notre étude semble légèrement supérieur à ceux de la littérature mais reste très faible. Sur les quatre cas de sinusites, une seule a été traitée avec succès, sans récurrence, par un traitement antibiotique. Cette sinusite était apparue un mois après l'opération, suite à la déchirure de la membrane de Schneider. Pour les trois cas restants, les sinusites n'ont pas été résolues, en raison d'une communication bucco-sinusienne persistante en regard de l'implant (*cf. Annexe 3 et 4*). Chaque patient a bénéficié d'une antibiothérapie avec remplacement des tissus mous, associés à une méatotomie. Malgré ces soins, les trois patients présentent encore des épisodes infectieux une à deux fois par an. Bedrossian affirme que, si l'infection sinusienne ne guérit pas suite à deux antibiothérapies successives, l'implant peut alors être considéré comme un corps étranger en partie responsable de la persistance de l'infection.⁽²²⁾ Dans notre étude, les trois implants zygomatiques incriminés ont donc été considérés comme des échecs implantaires. La question de retirer ces implants se pose. Cependant, il faut évaluer les bénéfices et les risques, car la dépose des implants zygomatique est très délabrante comparée à celle des implants conventionnels.

Par ailleurs, aucun épisode infectieux sinusien n'a eu lieu parmi les patients traités par l'approche ZAGA. Ce résultat est à rapprocher des 2,8% de sinusites rapportés dans la littérature.^(3,108) Pourtant, dans notre cohorte, 63% des implants zygomatiques (ZAGA 0, ZAGA 1, ZAGA 2) présentent un trajet partiellement (42%) ou entièrement

(21%) intra- sinusien (*cf. Figure 67*). En 2016, d'Agostino *et al.* ont publié une importante étude rétrospective, menée de janvier 2005 à février 2014, sur des patients traités par la pose d'implants intra-sinusiens et extra-maxillaires. Les résultats montrent une augmentation statistiquement significative des signes de complications sinusiennes pour la méthode intra-sinusienne, mais pas chez les patients traités par la technique extra-maxillaire.⁽⁵²⁾ Cette différence entre nos résultats et ceux de la littérature peut s'expliquer par un temps de suivi plus court et par un nombre plus restreint de cas étudiés. Elle peut également se justifier par une prévention efficace de ces complications, notamment du fait de l'utilisation systématique d'un lambeau de transposition du corps adipeux de la joue. Il va permettre de fermer la fenêtre osseuse et d'obtenir une étanchéité favorisant la cicatrisation et empêchant toute infection sinusienne.

Toutefois, la prévalence des sinusites est probablement sous-estimée du fait du manque d'informations fournies dans la cohorte ZAGA. En effet, l'opérateur n'a pas systématiquement réalisé d'imagerie tridimensionnelle postopératoire (ce qui représente un biais d'information), mais uniquement lorsqu'il avait un doute quant à la ventilation du sinus maxillaire. Lors du recueil des données, il était donc plus difficile d'objectiver les différentes complications sinusiennes sur une radiographie panoramique.

3.4.4.8.2 Complications parodontales : récessions, déhiscences vestibulaires et mucosites

Dans la littérature, seules les infections de type péri-implantite sont reportées et représentent 2% des complications, d'après les résultats d'une étude systématique parue en 2016.⁽¹⁷⁾

Aucune péri-implantite n'a été identifiée au sein de nos cohortes. Dans chacun des groupes, des récessions parodontales ont été objectivées (4% pour l'approche ZAGA et 2,37% pour la technique extra-maxillaire). Ces complications sont relativement rares et peu recensées dans la littérature scientifique. Les récessions affectant les deux groupes ne concernent que des implants placés en position extra-maxillaire. En effet, dans la première cohorte, nous avons pu observer une seule récession de 2 mm, en

regard du pilier d'un implant placé selon la classification ZAGA 4. Dans la cohorte extra-maxillaire, cinq récessions (soit 2,37% des implants zygomatiques) chez trois patients différents ont été relevées, mais pas quantifiées.

Notre étude a montré que l'utilisation de la technique extra-maxillaire augmentait de 20 % le risque de déhiscences vestibulaires, de manière toutefois non significative ($p=0,93$). Nous avons noté cinq déhiscences vestibulaires (2,37%) chez deux patients traités par la technique extra-maxillaire. Parmi ces déhiscences, deux implants présentaient plus de 7 spires apparentes et ont donc été considérés comme des échecs implantaires.

Plusieurs articles font état de cette complication sans en mentionner la prévalence.^(9,25,115,119) Certains auteurs expliquent l'absence de ces complications par un contrôle très strict de l'hygiène.⁽¹¹⁴⁾ Aucune de ces déhiscences vestibulaires n'était symptomatique. Pour chaque patient présentant cette complication, il a été proposé de recouvrir les surfaces implantaires par un lambeau de transposition du corps adipeux de la joue. Les patients n'ont pas donné suite à cette suggestion.

Deux mucosites ont également été reportées dans la cohorte extra-maxillaire (0,95% des implants). Le traitement a consisté à démonter la prothèse implanto-portée puis à nettoyer les tissus inflammatoires par des rinçages à l'eau oxygénée et à la Chlorhexidine.

Ces résultats peuvent s'expliquer en partie par une mauvaise hygiène buccale et une contamination des tissus mous qui peuvent agir comme un réservoir bactérien. Il a été démontré que le parodonte autour des implants zygomatiques présente des poches plus profondes que chez les implants conventionnels, mais de manière non significative.^(49,126,136) Cependant, les informations concernant l'hygiène orale des patients manquent dans cette étude. Une maintenance avec une bonne hygiène orale est d'autant plus recommandée pour les patients réhabilités avec la technique extra-maxillaire, étant donné que le corps de l'implant zygomatique et sa portion coronaire ne sont recouverts que par des tissus mous.⁽⁵¹⁾ C'est pourquoi ceux-ci doivent être renforcés par une transposition du corps adipeux de la joue et par l'aménagement d'une bande de gencive kératinisée autour des piliers.

Les auteurs de la technique extra-maxillaire préconisent d'utiliser un implant zgomatique dépourvu de spires dans ses deux tiers coronaires.⁽⁵¹⁾ Dans la cohorte extra-maxillaire, deux implants différents ont été utilisés : le Brånemark System® (spiralé) et le Nobel 45°® (dépourvu de spires sur la majeure partie de son corps implantaire). Il est intéressant de noter que toutes les déhiscences vestibulaires sont apparues sur des implants zgomatiques spiralés type Brånemark System®. On peut donc faire l'hypothèse que les spires implantaires provoquent des irritations de la muqueuse vestibulaire et ont une influence sur l'incidence des déhiscences vestibulaires.⁽¹⁸⁾

Quelle que soit la technique chirurgicale employée, à la fin de chaque opération, une quantité suffisante de gencive kératinisée doit être aménagée autour de chaque pilier afin de protéger les implants et d'assurer une synergie entre l'hygiène, la maintenance et la stabilité parodontale. De plus, les patients traités par l'approche ZAGA ont bénéficié d'un recouvrement implantaire systématique par le corps adipeux de la joue gardé pédiculé, contre seulement une partie des patients (78%) soignés par la technique extra-maxillaire. Il est intéressant de souligner que les cinq déhiscences vestibulaires sont apparues chez des patients n'ayant pas bénéficié de recouvrement par le corps adipeux de la joue. Dans cette étude, nous avons donc cherché à savoir si le recours au corps adipeux de la joue pouvait avoir une influence sur la survenue de récessions et de déhiscences vestibulaires. Nous pouvons affirmer que ce facteur influe positivement sur l'apparition de récessions tout en n'étant pas statistiquement significatif ($p < 0,05$). Par ailleurs, l'analyse statistique révèle que l'utilisation de cette masse graisseuse diminue significativement le risque de déhiscence vestibulaire de 51,68% ($p = 0,0078$).

Ainsi, les complications parodontales peuvent résulter d'un manque d'épaisseur des tissus, d'une mauvaise hygiène bucco-dentaire provoquant une inflammation, ou d'un manque de support osseux entraînant une irritation de la muqueuse par frottement direct avec la surface implantaire. Enfin, nous pouvons supposer que l'ensemble de ces complications est sous-évalué car les correspondants n'ont pas systématiquement renvoyé pas les patients asymptomatiques.

3.4.4.8.3 *Autres complications*

D'autres complications mineures ont été reportées dans la cohorte extra-maxillaire, à savoir :

- La fracture d'un os zygomatique
- Deux cas de douleurs épisodiques, l'une au niveau de la région génienne droite et l'autre au niveau des muscles orbiculaires droit de la bouche.

La fracture de l'os zygomatique est probablement due à l'insertion d'un implant zygomatique avec un torque trop élevé. Par conséquent, la corticale externe de l'os malaire a été soufflée. L'attitude thérapeutique a consisté à mettre l'implant en sous-occlusion, ce qui a permis son ostéointégration.

Pour les douleurs en regard de la joue droite, un lambeau d'exploration avec curetage a été réalisé, mais aucune étiologie évidente n'a été trouvée. Elle est probablement due à une irritation des tissus mous par l'implant. Pour les douleurs à la parole, une infiltration de corticoïdes a été exécutée avec succès.

3.4.5 Perte d'implant

D'après l'étude systématique de Molinero-Mourelle *et al.*, la perte d'implants zygomatiques survient avec une fréquence de 2,4%.⁽⁴²⁾ Dans notre étude, deux implants zygomatiques ont été perdus par manque d'ostéo-intégration chez une patiente de la cohorte extra-maxillaire. La patiente a perdu l'ensemble de ses implants (implants zygomatiques et conventionnels). Cette perte implantaire peut être liée à de faibles qualité et quantité osseuses ou à un manque de stabilité primaire. De plus, la patiente cumulait certains facteurs de risques tels que le tabac, le stress et le bruxisme.

3.4.6 Mise en charge immédiate

Tous les patients de chaque cohorte ont bénéficié d'une mise en charge immédiate dans les 24 heures suivant la chirurgie. Dans la littérature scientifique, on note une augmentation des publications sur la mise en charge immédiate de prothèses implanto-portées. Si une bonne stabilité primaire est obtenue lors de la chirurgie, les implants zygomatiques peuvent être mis en charge immédiatement avec de très bons résultats.^(3,20,58,117,133)

Lorsque l'option de la mise en charge immédiate est retenue, tous les implants doivent être connectés ensemble au moyen d'une barre rigide, de manière à distribuer harmonieusement les forces occlusales.⁽¹¹⁹⁾ De plus, il est suggéré de répartir en arc les implants zygomatiques sur la crête alvéolaire afin d'équilibrer au mieux les forces de flexion.⁽²⁾ Dans de nombreuses études, le taux de survie implantaire zygomatique est amélioré avec le protocole de mise en charge immédiate.

L'hypothèse a été émise qu'un protocole en un temps avec mise en place des piliers définitifs le jour de la chirurgie pourrait conduire à l'établissement d'une barrière au niveau des tissus mous et réduirait le risque de communication bucco-sinusienne.^(17,139) La revue systématique publiée en 2017 par Tuminelli *et al.* recommande la pose d'implants zygomatiques avec mise en charge immédiate pour le traitement des atrophies du maxillaire, avec ou sans implants antérieurs conventionnels associés. Elle rapporte également que le nombre de complications sont relativement peu nombreuses, rarement grave et facilement remédiables.⁽¹⁸⁾

3.4.7 Satisfaction

La satisfaction subjective des patients de chaque cohorte a été évaluée par un questionnaire de satisfaction. Sur les deux cohortes, seulement 36 questionnaires ont pu être récupérés. En effet, il n'a pas été possible de récolter l'ensemble des questionnaires car quelques numéros de téléphone n'étaient pas renseignés, d'autres patients n'ont pas répondu aux appels et enfin, certains patients sont décédés. Nous avons obtenu une satisfaction moyenne de 89,8% pour l'approche ZAGA et de 88,2%

pour l'approche extra-maxillaire. Les résultats de notre étude ne nous ont pas permis de déterminer si une des techniques était significativement plus satisfaisante que l'autre car p est égal à 0,466 d'après le test de Mann & Whitney (*cf. Tableau 8*). Toutefois, la très bonne satisfaction de ces deux groupes est comparable à celles figurant dans la littérature.^(21,96,112,137)

Cependant, il convient de mentionner ici les différentes remarques récurrentes évoquées par les patients lors des appels téléphoniques, à savoir :

- Un manque de proprioception : les patients sont conscients d'avoir partiellement perdu la sensibilité tactile qu'ils avaient autrefois.
- Un passage des aliments sous la prothèse et une difficulté de nettoyage. Dans leur étude datant de 2012, Sartori *et al.* ont rapporté le fait que 18,5% des patients porteurs d'implants zygomatiques avaient des difficultés à nettoyer la zone postérieure de leur prothèse implanto-portée.⁽¹³⁸⁾
- Un temps d'adaptation de 1 à 2 ans quant au placement de la langue au niveau du palais de la prothèse implanto-portée.

Enfin, un mauvais résultat (23/55) a été observé dans la cohorte extra-maxillaire, car la patiente avait perdu la sensibilité au niveau de sa pommette droite et présentait un larmolement permanent. Cette complication n'a pas été objectivée cliniquement ou ne figurait pas dans les dossiers médicaux de la patiente. Cela souligne bien les limites d'une étude rétrospective, du fait du manque d'informations fournies.

3.4.8 Limites de l'étude

Notre étude présente un certain nombre de limites. De par sa nature rétrospective, un certain nombre de données et d'informations étaient manquantes (on parle de biais d'information). Les analyses statistiques n'ont pas permis de conclure sur la supériorité d'une technique par rapport à l'autre, compte tenu des effectifs réduits et d'un temps de suivi trop court (biais de suivi). Il en est de même pour la survenue des complications et pour l'évaluation de la satisfaction des patients.

Malgré des taux de succès très élevés pour chacune des approches chirurgicales, il est nécessaire de considérer ces résultats avec prudence et de nuancer le succès réel de ces prises en charge. En effet, il est possible que le succès thérapeutique de chaque technique soit surestimé. Enfin le taux de succès prothétique n'a pas été considéré dans cette investigation. Ce dernier pourrait avoir des répercussions sur le succès implantaire. Toutefois, les résultats chirurgicaux des deux techniques sont très encourageants, mais cette étude aurait nécessité des cohortes plus importantes et homogènes ainsi qu'une durée moyenne de suivi beaucoup plus longue pour tous les implants.

Conclusions

La prise en charge des atrophies sévères du maxillaire représente encore de nos jours un défi pour les chirurgiens oraux. Le sinus-lift ou les techniques de greffe osseuse n'aboutissent pas toujours à un résultat satisfaisant et exigent généralement plusieurs temps opératoires ainsi que des délais de temporisation importants.

Pour pallier ces inconvénients, les implants zygomatiques constituent une alternative thérapeutique intéressante. Initialement basée sur une approche indifférente aux spécificités anatomiques de chaque patient – la technique « *Ad Modum* » de Brånemark – cette chirurgie à l'avantage de permettre une réhabilitation prothétique immédiate. Ce concept implantaire a par la suite évolué, donnant naissance à plusieurs nouvelles approches, telles que la technique extra-maxillaire, ou la technique ZAGA pour laquelle la pose des implants est guidée par l'anatomie individuelle de chaque patient et les contraintes prothétiques.

L'implant zygomatique a une morphologie spécifique et un environnement anatomique que le chirurgien doit connaître et savoir appréhender. Les techniques extra-sinusienne, extra-maxillaire, Sinus-Slot, originale modifiée par le Docteur Chow et ZAGA, couramment pratiquées aujourd'hui, permettent la mise en place de ces implants longs tout en préservant le capital osseux des patients et en minimisant l'effraction sinusienne.

L'étude clinique rétrospective, portant sur 86 patients et 236 implants zygomatiques, a permis la comparaison de deux approches chirurgicales distinctes, à savoir les techniques ZAGA (cohorte de 14 sujets) et extra-maxillaire (cohorte de 72 sujets). Les résultats de cette étude n'ont pas permis de mettre en évidence une différence significative quant aux taux de succès au sein des deux cohortes, compris entre 96,7 et 100%. En effet, les deux techniques semblent présenter un haut niveau de fiabilité et un faible taux de complications.

Bien que la sinusite chronique demeure la principale cause d'échec thérapeutique (environ 43% des cas), les deux techniques étudiées ont toutefois l'avantage d'occasionner moins de pathologies sinusiennes que celle de Brånemark, leur trajet implantaire ne concernant pas ou peu le sinus maxillaire. Elles entraînent également moins de difficultés de phonation, de maintenance, d'émergence implantaire et de confort prothétique. La satisfaction subjective des patients en fonction de la thérapeutique mise en œuvre a elle aussi été prise en compte. Elle est similaire au sein des deux cohortes, les pourcentages étant élevés et compris entre 88,2 et 89,8%.

Malgré un biais de suivi, et certains biais d'information, les résultats de cette étude rétrospective sont très encourageants et en accord avec ceux de la littérature scientifique.

Un essai clinique randomisé, mené par Esposito *et al.* et Davo *et al.* en 2018, avait conclu sur la supériorité clinique d'une réhabilitation à l'aide d'implants zygomatiques par rapport aux implants conventionnels associés à une greffe osseuse.^(140,141) Néanmoins, à l'heure actuelle, on ne trouve aucune étude prospective ayant pour objectif la comparaison des différentes techniques de chirurgie implantaire zygomatique.

La technique de réhabilitation maxillaire par implants zygomatiques peut aujourd'hui être considérée comme une technique fiable et reproductible, améliorant largement les délais de mise en charge prothétique et, par conséquent, le confort et la satisfaction du patient. À l'avenir, il pourra être intéressant et bénéfique de diriger un ou plusieurs autres essais cliniques contrôlés, multicentriques et randomisés comparant entre elles les techniques opératoires, avec un suivi à long terme et incluant le succès prothétique, car les contraintes mécaniques appliquées à l'implant zygomatique ne sont pas les mêmes en fonction de l'approche chirurgicale.⁽¹⁴²⁾

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire de satisfaction

Questionnaire de satisfaction

Excepté la question une pour laquelle la réponse doit être oui ou non, les patients doivent donner un chiffre sur une échelle de satisfaction allant de 0 à 5 (5 correspondant à une satisfaction optimale).

1. Une alternative thérapeutique type greffe osseuse vous a-t-elle été proposée ?

2. Étiez-vous plutôt serein(e) ou inquiet(e) avant le début de l'intervention chirurgicale ?

3. Avez-vous ressenti des douleurs dans votre bouche suite à l'intervention chirurgicale ?

4. Que pensez-vous du plaisir que vous procure votre prothèse au sujet de la nourriture par rapport au temps où vous aviez des dents naturelles ?

5. En ce qui concerne la mastication, dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre prothèse dentaire ?

6. En ce qui concerne l'apparence, dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre prothèse dentaire ?

7. En ce qui concerne le confort de votre prothèse, quel est votre degré de satisfaction ?

8. En ce qui concerne la confiance en soi et l'estime de soi, dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre prothèse dentaire ?

9. En ce qui concerne votre relation sociale et affective, dans quelle mesure êtes-vous satisfait de vos conditions orales ?

10. En ce qui concerne l'alimentation, dans quelle mesure êtes-vous satisfait de votre prothèse dentaire ?

11. Êtes-vous satisfait de votre sourire (esthétique) ?

12. Recommanderiez-vous à votre entourage cette intervention chirurgicale ?

Annexe 2 : Collecte de données sous la forme d'un tableau Excel à partir des dossiers médicaux et radiographiques de chaque patient.

Légende :

RAS : Rien à signaler

HTA : Hypertension artérielle

IC : Implant conventionnel

IZ : Implant zygomatique

Cig : Cigarette

J : jour

MIX : Nobel Zygoma 45 et Zygoma Implant Brånemark System

Quad : Réhabilitation avec 4 implants zygomatiques

Hybride : Réhabilitation d'implants conventionnels et d'implants zygomatiques

Patient	Sexe	Age à la pose	Comorbidités	Tabac	Technique	Nombre d'IC	Nombre d'IZ	Placement/longueur IZ (mm)	Réhabilitation implantaire	Système implantaire	Grefe corps adipeux de la joue	Complications	Succès/éche implantaire IZ	Date de la pose	Date du dernier contrôle	Durée de suivi (mois)	Satisfaction /55
1	H	77	HTA, diabète, cholestérol, Stent (Kardégic)	0	ZAGA0-1	5	1	26 : 35mm	Hybride	NobelZygoma45	Oui	Aucune	1 succès	22/09/2016	08/10/2019	36	53
2	F	69	Hypothyroïdie (levothyrox)	3-5 cig/j	ZAGA4	0	4	2x45,32,5 et 35 mm	Quad	NobelZygoma45	Oui	Aucune	4 succès	19/01/2017	18/02/2019	25	30
3	H	62	RAS	0	ZAGA2-2	2	2	16 : H:45 25 : H:47,5	Hybride	NobelZygoma45	Oui	Aucune	2 succès	27/06/2017	28/03/2019	21	*
4	H	62	RAS	5-6 cig/j	ZAGA1-0	2	2	15:42,5 mm 25:40mm	Hybride	NobelZygoma45	Oui	Aucune	2 succès	28/11/2017	07/01/2020	25	*
5	F	67	RAS	6-7 cig/j	ZAGA3-3	2	2	12:47,5mm 22:45 mm	Hybride	NobelZygoma45	Oui	Aucune	2 succès	24/05/2018	08/10/2019	16	*
6	F	72	RAS	0	ZAGA1/12 : Zaga 3/25 : Zaga 2/22 : Zaga 3/15	0	4	12 (H: 50) 15 (H: 40) 22 (H: 47,5) 25 (H: 35)	Quad	NobelZygoma45	Oui	Aucune	4 succès	10/07/2018	24/06/2019	11	52
7	F	65	Insuffisance rénale, allergie pénicilline	10 cig/j	ZAGA1	3	1	26 (H: 30)	Hybride	HEZygomatic implant Neodent	Oui	Aucune	1 succès	20/07/2018	22/10/2019	15	*
8	H	71	RAS	0	ZAGA2-0	4	2	26 (H: 37,5) 17 (H: 40)	Hybride	HEZygomatic implant Neodent	Oui	Aucune	2 succès	23/08/2018	22/12/2019	16	52
9	H	53	RAS	0	ZAGA0	3	1	25 (H: 40)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Hémorragie 1/3	1 succès	27/11/2018	10/05/2019	5	51
10	F	66	Apnée du sommeil	0	ZAGA4-4	2	2	12 : H:2,5 22 : H:2,5	Hybride	HEZygomatic implant Neodent	Oui	Rétraction gingivale de 2 mm à un an sur IZ 21	2 succès	06/12/2018	12/06/2019	6	53
11	H	66	RAS	0	ZAGA1	2	1	26 : H:40	Hybride	HEZygomatic implant Neodent	Oui	Aucune	1 succès	22/01/2018	01/10/2019	20	53
12	F	64	Psoriasis	0	ZAGA0	3	1	16 (H: 35)	Hybride	Zygoma Implant Branemark Rescue Eches greffe	Oui	Aucune	1 succès	12/02/2019	21/08/2019	6	48
13	F	78	RAS	0	ZAGA2	5	1	16 (H : 40)	Hybride	NobelZygoma45 Rescue implant	Oui	Aucune	1 succès	22/02/2019	08/11/2019	8	48
14	H	55	HTA	0	ZAGA2	5	1	26 (H: 35)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Sinus plein secteur 10 lié aux IC	1 succès	09/07/2019	09/12/2019	5	54
15	F	78	Gastralgies	0	extra-maxillaire	4	2	40 mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	2 succès	15/10/2012	30/09/2013	11	*
16	F	78	HTA	0	extra-maxillaire	2	2	15(42,5)25(37,5)	Hybride	MIX	Oui	Aucune	2 succès	03/11/2016	07/03/2017	4	*
17	H	69	RAS	0	extra-maxillaire	2	2	47,5 mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	03/02/2015	15/02/2016	12	*
18	H	62	HTA	0	extra-maxillaire	3	2	45mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	03/11/2014	10/03/2015	4	*

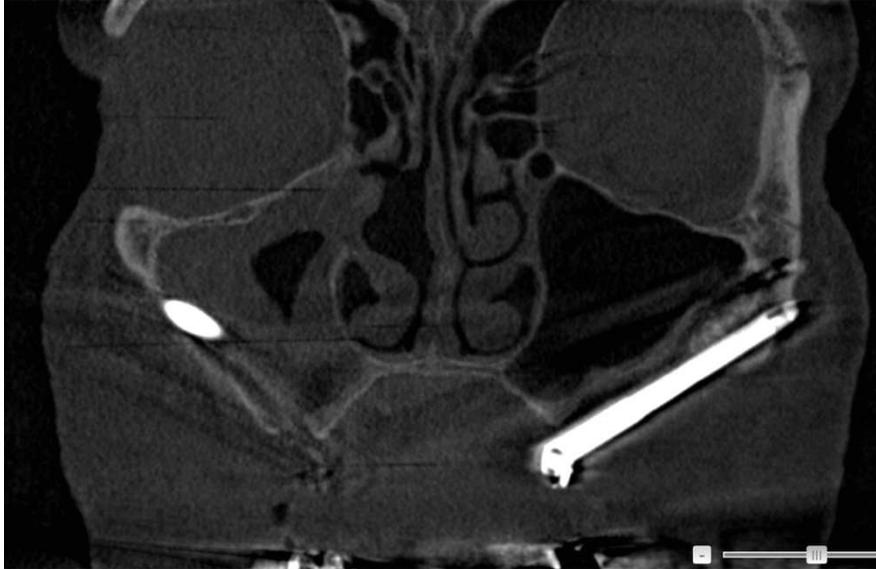
Patient	Sexe	Age à la pose	Comorbidités	Tabac	Technique	Nombre d'IC	Nombre d'IZ	Placement/Longueur IZ (mm)	Réhabilitation implantaire	Système implantaire	Greffe corps adipeux de la joue	Complications	Succès/échec implantaire IZ	Date de la pose	Date du dernier contrôle	Durée de suivi (mois)	Satisfaction /55
19	H	50	RAS	0	extra-maxillaire	4	2	15(50)23(42,5)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	2 succès	13/03/2012	30/07/2012	4	*
20	F	61	Quincke avec Amidopiridine	0	extra-maxillaire	2	3	15(52,5)23(42,5)25(45)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	1 récession en 15	3 succès	08/01/2013	21/01/2019	72	*
21	F	69	RAS	0	extra-maxillaire	3	2	40mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	2 succès	09/04/2013	03/04/2014	12	*
22	F	67	RAS	1cig/j	extra-maxillaire	0	4	15(40)12(52,5)22(52,5)25(35)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	02/12/2014	08/01/2016	13	*
23	F	54	cancer sein 2008	0	extra-maxillaire	3	2	40 mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	02/02/2016	02/06/2016	4	*
24	H	62	Hernie hiatale, HTA, diabète, antécédent cancer du rein	0	extra-maxillaire	0	4	15(37,5)12(52,5)22(52,5)25(37,5)	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	21/02/2017	04/01/2018	10	*
25	F	63	HTA, gastralgie, allergie acide tiaprofénique	0	extra-maxillaire	0	4	15(35)12(50)22(50)25(30)	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	07/02/2017	11/03/2019	25	*
26	F	76	HTA, angor	0	extra-maxillaire	0	4	15(35)12(52,5)22(52,5)25(40)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	14/04/2015	12/01/2016	9	*
27	F	65	HTA, prothèse de hanche bilat	1cig/j	extra-maxillaire	3	2	15(35)25(35)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	08/09/2015	13/06/2019	45	*
28	F	40	Allergie latex, asthme	0	extra-maxillaire	0	4	16(40)12(40,5)23(45)25(40)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	4 succès	12/04/2011	04/10/2012	18	*
29	F	67	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	16(35)12(52,5)23(52,5)25(40)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	4 succès	05/05/2015	10/11/2015	6	*
30	F	77	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	15(37,5)12(52,5)22(45)23(32,5)	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	20/06/2017	16/10/2017	4	*
31	F	52	RAS	10cig/j	extra-maxillaire	2	2	40mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	CBS et sinusite associée	1 succès; 1 échec	18/10/2011	20/03/2019	89	*
32	F	66	HTA, angor	0	extra-maxillaire	3	1	35mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	1 succès	05/11/2013	07/09/2017	46	*
33	F	60	HTA, asthme, arythmie cardiaque	0	extra-maxillaire	4	4	15(42,5)12(52,5)22(50)25(40)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Sinusite	4 succès	05/01/2016	09/05/2016	4	*
34	F	71	HTA, hernie hiatale, ulcère estomac	0	extra-maxillaire	4	4	15(35)11(47,5)22(40)25(35)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	4 succès	05/11/2013	11/03/2014	4	41
35	F	64	Gastralgies	0	extra-maxillaire	4	4	15(35)12(52,5)22(52,5)25(35)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	16/02/2016	21/10/2016	8	51

Patient	Sexe	Age à la pose	Comorbidités	Tabac	Technique	Nombre d'IC	Nombre d'IZ	Placement/Longueur IZ (mm)	Réhabilitation implantaire	Système implantaire	Grefe corps adipeux de la joue	Complications	Succès/échec implantaire IZ	Date de la pose	Date du dernier contrôle	Durée de suivi (mois)	Satisfaction /55
36	F	55	RAS	0	extra-maxillaire	4	2	35mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	02/09/2014	28/01/2016	17	*
37	H	63	Diabète	0	extra-maxillaire	3	2	15(45)/25(42,5)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	3 succès	27/10/2015	23/06/2016	8	*
38	F	57	HTA	20cig/j	extra-maxillaire	0	4	15(40)/12(52,5)/22(50)/25(40)	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	CBS IZ15 + sinusite résiduelle, une sinusite/an	3 succès, 1 échec	03/03/2015	12/09/2019	54	*
39	F	49	Bronchite chronique	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	08/04/2014	14/12/2017	44	*
40	H	64	SAOS	0	extra-maxillaire	3	1	25(47,5)	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	1 succès	03/09/2013	06/11/2014	14	37
41	H	66	RAS	Sevré	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	05/07/2015	24/02/2017	20	48
42	H	66	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	15-25	Quad	NobelZygoma45	Oui	Aucune	4 succès	02/02/2017	12/06/2017	4	
43	H	66	HTA, goutte	0	extra-maxillaire	3	1	15:47,5mm	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Récession sur 15	1 succès	07/05/2013	02/10/2017	53	52
44	H	77	HTA	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Non	Mucosite IZ13	4 succès	06/09/2010	24/03/2014	53	
45	F	62	HTA, gastralgie	0	extra-maxillaire	2	2	1525	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	2 succès	10/11/2011	09/03/2012	4	47
46	F	56	HTA sévère	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	05/04/2016	26/07/2016	4	*
47	F	59	RAS	0	extra-maxillaire	3	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Déhiscence vestibulaire 2 implants sans complications	2 succès	04/06/2013	18/09/2017	51	*
48	F	53	RAS	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	MIX	Oui	Aucune	2 succès	21/10/2016	06/07/2017	8	*
49	H	57	Gastralgies	5cig/j	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	08/09/2016	13/01/2017	4	*
50	H	84	RAS	0	extra-maxillaire	3	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Fracture zygo-secteur droit	2 succès	05/02/2013	04/06/2013	4	50
51	H	68	HTA, pontage fémoral	6cig/j	extra-maxillaire	2	2	*	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	2 succès	05/12/2011	15/10/2018	82	50
52	F	64	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Non	Déhiscence vestibulaire 3 IZ +1 récession	2 succès; 2 échecs	04/09/2012	29/05/2018	69	47
53	H	51	Phlébite, Tt anti-coagulant	0	extra-maxillaire	2	2	*	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Fracture barre titane	2 succès	20/11/2012	03/10/2016	46	*
54	F	65	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	08/07/2014	23/07/2015	12	*

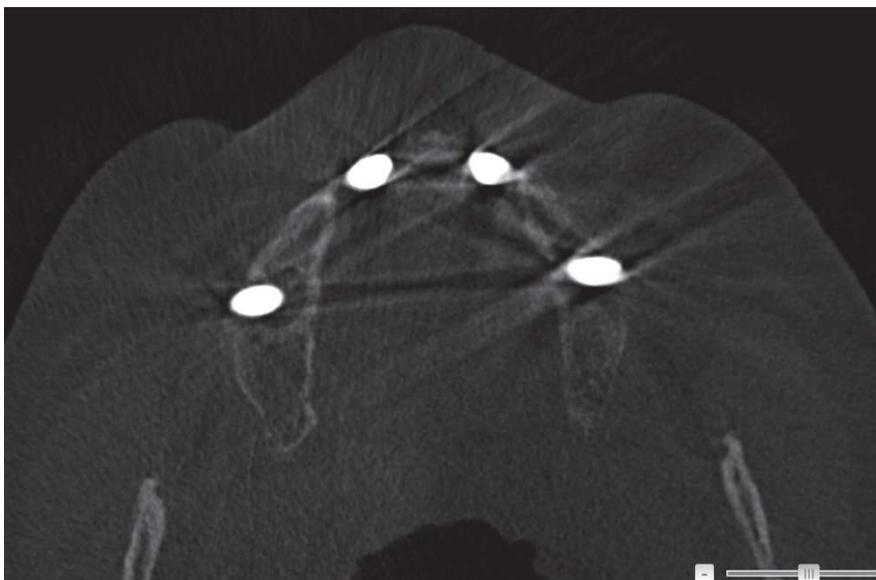
Patient	Sexe	Age à la pose	Comorbidités	Tabac	Technique	Nombre d'IC	Nombre d'IZ	Placement / longueur IZ (mm)	Réhabilitation implantaire	Système implantaire	Grefe corps adipeux de la joue	Complications	Succès/échec implantaire IZ	Date de la pose	Date du dernier contrôle	Durée de suivi (mois)	Satisfaction /55
55	M	62	RAS	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Sinusite+CBS, opérée deux fois des sinus, sinusite à répétition	1 succès; 1 échec	03/05/2016	01/09/2019	40	*
56	F	58	Hémorroïdes	10cig/j	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	06/10/2014	30/07/2015	10	*
57	F	67	Ostéoporose	0	extra-maxillaire	3	2		Hybride	*	Non	Aucune	2 succès	04/03/2013	24/01/2014	11	48
58	F	64	HTA, souffle au cœur	0	extra-maxillaire	1	3	15-22-25	Hybride	Nobel/Zygoma45	Oui	Aucune	3 succès	07/03/2017	26/04/2019	26	*
59	F	63	Gastralgies	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	03/06/2014	09/10/2014	4	*
60	F	66	Discopathie, hernie discale	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	MIX	Oui	Aucune	4 succès	02/08/2016	02/12/2016	4	52
61	F	57	Diabète type II, hypotension	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	03/12/2013	28/04/2014	5	*
62	F	59	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	01/09/2015	08/01/2016	4	50
63	M	50	RAS	20cig/j	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	07/07/2015	27/11/2015	5	52
64	F	72	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	03/10/2016	02/02/2017	4	54
65	M	63	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	4 succès	01/06/2016	27/10/2016	5	54
66	M	63	Asthme	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Non	Aucune	2 succès	21/01/2014	01/04/2015	14	54
67	F	68	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	MIX	Oui	IZ15 ; Petite fenestration avec poussée inflammatoire	4 succès	23/11/2016	23/08/2018	21	*
68	F	77	Asthme, HTA, hernie hiatale, insuffisance aortique	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	MIX	Oui	Aucune	2 succès	19/12/2016	16/01/2018	13	*
69	M	66	RAS	7cig/j	extra-maxillaire	2	3	15-25-22	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Mucosite IZ16	3 succès	06/01/2014	04/12/2019	71	*
70	M	64	RAS	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	3 succès	06/01/2015	11/10/2017	33	54
71	M	55	Gastralgies	0	extra-maxillaire	1	3	12-15-25	Hybride	MIX	Oui	Aucune	2 succès	08/11/2016	09/03/2017	4	*
72	M	54	Dépendance IPRIM	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Énatome post-opératoire	2 succès	14/12/2015	03/03/2016	4	*
73	F	72	Polyarthrite Rhumatoïde	0	extra-maxillaire	2	2	15-25	Hybride	Zygoma Implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	03/03/2014	10/07/2014	4	23

Patient	Sexe	Age à la pose	Comorbidités	Tabac	Technique	Nombre d'IC	Nombre d'IZ	Placement/Longueur IZ (mm)	Réhabilitation implantaire	Système implantaire	Grefe corps adipeux de la joue	Complications	Succès/échec implantaire IZ	Date de la pose	Date du dernier contrôle	Durée de suivi (mois)	Satisfaction /55
74	F	52	RAS	0	extra-maxillaire	4	2	15-25	Hybride	Zygoma implant Branemark	Oui	Aucune	2 succès	03/02/2014	02/07/2014	5	52
75	F	68	RAS	15cig/j	extra-maxillaire	0	4	*	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Douleur, gonflement joue droite	4 succès	04/12/2017	05/12/2019	24	*
76	F	69	Hernie hiatal, chir sinusancienne, RAS à l'examen pré-opératoire	0	extra-maxillaire	0	4	15(40)12(47,5)22(50)25(85)	Quad	NobelZygoma 45	Oui	3 récessions sur IZ	4 succès	12/02/2018	15/06/2018	4	*
77	F	55	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	35,5-52,5-52,5-37,5 mm	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	16/04/2018	*	4	46
78	F	78	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	35-52,5-52,5-37,5 mm	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	25/01/2019	05/06/2019	4	54
79	H	34	Dysplasie ectodermique	0	extra-maxillaire	0	4	32,5-50-50-30 mm	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	25/10/2018	07/08/2019	9	46
80	H	62	RAS	0	extra-maxillaire	1	3	35-45-35 mm	Hybride	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	3 succès	08/11/2018	24/04/2019	6	*
81	F	74	RAS	0	extra-maxillaire	0	4	30-50-50-30 mm	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Douleurs au rv muscle orbiculaire droit	4 succès	05/11/2018	15/11/2019	12	*
82	F	*	RAS	0	extra-maxillaire	2	2	22 (30) et 26 (50)	Hybride	NobelZygoma 45	Oui	Echec ostéointégration 2 IZ et 2 IC	2 échecs	*	26/09/2019	*	*
83	H	*	RAS	0	extra-maxillaire	1	3	37-52-37 mm	Hybride	NobelZygoma 45	Oui	Hémosinus pas évacué à 6 mois	3 succès	*	23/12/2019	*	*
84	H	*	Ostéo Bimax, HTA	0	extra-maxillaire	0	4	32-50-50-35mm	Quad	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	4 succès	29/01/2018	05/06/2018	4	53
85	H	73	Diabète	5cig/j	extra-maxillaire	2	2	40 mm	Hybride	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	2 succès	11/06/2018	28/11/2018	6	*
86	F	51	RAS	0	extra-maxillaire	2	2	40-42 mm	Hybride	NobelZygoma 45	Oui	Aucune	2 succès	29/01/2018	23/07/2018	4	*

Annexe 3 : Coupe frontale d'un CBCT objectivant une sinusite maxillaire droite chez le patient n°31



Annexe 4 : Coupe transversale d'un CBCT objectivant une communication bucco-sinusienne par résorption osseuse autour de l'implant zygomatique postérieur droit chez le patient n°31



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Cawood JI, Howell RA.** A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* août 1988;17(4):232-6.
2. **Aparicio C, Ouazzani W, Hatano N.** The use of zygomatic implants for prosthetic rehabilitation of the severely resorbed maxilla. *Periodontol 2000.* juin 2008;47(1):162-71.
3. **Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Claros P, Alánde J, González-Martín O, et al.** Zygomatic implants: indications, techniques and outcomes, and the Zygomatic Success Code. *Periodontol 2000.* oct 2014;66(1):41-58.
4. **Brånemark P, Gröndahl K, Öhrnell L, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, et al.** Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* janv 2004;38(2):70-85.
5. **Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Ouazzani W, Claros P, Potau JM, et al.** The Long-Term Use of Zygomatic Implants: A 10-Year Clinical and Radiographic Report: Zygomatic Implants 10-Year Report. *Clin Implant Dent Relat Res.* juin 2014;16(3):447-59.
6. **Malevez C.** Le concept de l'ancrage zygomatique dans l'édentation totale. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* sept 2012;113(4):299-306.
7. **Duarte LR, Filho HN, Francischone CE, Peredo LG, Brånemark P-I.** The Establishment of a Protocol for the Total Rehabilitation of Atrophic Maxillae Employing Four Zygomatic Fixtures in an Immediate Loading System – A 30-Month Clinical and Radiographic Follow-Up. *Clin Implant Dent Relat Res.* déc 2007;9(4):186-96.
8. **Wang F, Monje A, Lin G-H, Wu Y, Monje F, Wang H-L, et al.** Reliability of Four Zygomatic Implant-Supported Protheses for the Rehabilitation of the Atrophic Maxilla: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* mars 2015;30(2):293-8.
9. **Davó R, David L.** Quad Zygoma. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* mai 2019;31(2):285-97.
10. **Bedrossian E, Rangert B, Stumpel L, Indresano T.** Immediate function with the zygomatic implant: a graftless solution for the patient with mild to advanced atrophy of the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2006;21(6):937-42.
11. **Chow J, Hui E, Lee PKM, Li W.** Zygomatic implants--protocol for immediate occlusal loading: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral*

Maxillofac Surg. mai 2006;64(5):804-11.

12. **Davo R, Malevez C, Rojas J.** Immediate function in the atrophic maxilla using zygoma implants: A preliminary study. *J Prosthet Dent.* juin 2007;97(6):S44-51.
13. **Aparicio C, Ouazzani W, Aparicio A, Fortes V, Muela R, Pascual A, et al.** Immediate/Early Loading of Zygomatic Implants: Clinical Experiences after 2 to 5 Years of Follow-up: Immediate/Early Loading of Zygomatic Implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* 5 déc 2008;12:e77-82.
14. **Hennequin A, Solyom E, Dusseau X, Kanj C, Destruhaut F.** Atrophie sévère du maxillaire et implants trans-zygomatiques. *Lefildentaire.* oct 2019;(154):40-8.
15. **Chrcanovic BR, Abreu MHNG.** Survival and complications of zygomatic implants: a systematic review. *Oral Maxillofac Surg.* juin 2013;17(2):81-93.
16. **Goiato MC, Pellizzer EP, Moreno A, Gennari-Filho H, dos Santos DM, Santiago JF, et al.** Implants in the zygomatic bone for maxillary prosthetic rehabilitation: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juin 2014;43(6):748-57.
17. **Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A.** Survival and Complications of Zygomatic Implants: An Updated Systematic Review. *J Oral Maxillofac Surg.* oct 2016;74(10):1949-64.
18. **Tuminelli FJ, Walter LR, Neugarten J, Bedrossian E.** Immediate loading of zygomatic implants: A systematic review of implant survival, prosthesis survival and potential complications. *Eur J Oral Implantol.* 2017;10 Suppl 1:79-87.
19. **Maló P, de Araujo Nobre M, Lopes I.** A new approach to rehabilitate the severely atrophic maxilla using extramaxillary anchored implants in immediate function: A pilot study. *J Prosthet Dent.* nov 2008;100(5):354-66.
20. **Maló P, de Araújo Nobre M, Lopes A, Ferro A, Moss S.** Extramaxillary Surgical Technique: Clinical Outcome of 352 Patients Rehabilitated with 747 Zygomatic Implants with a Follow-Up between 6 Months and 7 Years: Extramaxillary Zygomatic Implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* janv 2015;17:e153-62.
21. **Aparicio C.** A proposed classification for zygomatic implant patient based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): a cross-sectional survey. *Eur J Oral Implantol.* 2011;4(3):269-75.
22. **Bedrossian E.** Rehabilitation of the edentulous maxilla with the zygoma concept: a 7-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2010;25(6):1213-21.

23. **Malevez C, Daelemans P, Adriaenssens P, Durdu F.** Use of zygomatic implants to deal with resorbed posterior maxillae. *Periodontol 2000.* 2003;33:82-9.
24. **Brånemark P-I, Engstrand P, Nilsson P, Svensson B, Ohrenell L-O.** Zygoma fixture clinical procedures. In: *Brånemark System Zygoma Procedure Manual.* Göteborg, Sweden: In:Idé SG, Tryck AB; 2013. (Nobel Biocare).
25. **Bedrossian E, Bedrossian E.** Prevention and the Management of Complications Using the Zygoma Implant: A Review and Clinical Experiences. *Int J Oral Maxillofac Implants.* sept 2018;33(5):e135-45.
26. **Norton NS, Netter FH, Duparc F.** Précis d'anatomie clinique de la tête et du cou. Issy-les-Moulineaux, France: Elsevier Masson; 2009.
27. **Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Vitte É.** Tête, cou et neuro-anatomie. Louvain-la-Neuve: De Boeck supérieur; 2016.
28. **van den Bergh JP, ten Bruggenkate CM, Disch FJ, Tuinzing DB.** Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res.* juin 2000;11(3):256-65.
29. **Kaufman E.** Maxillary Sinus Elevation Surgery: An Overview. *J Esthet Restor Dent.* sept 2003;15(5):272-83.
30. **Mohan N, Wolf J, Dym H.** Maxillary Sinus Augmentation. *Dent Clin North Am.* avr 2015;59(2):375-88.
31. **Eloy P, Nollevaux M-C, Bertrand B.** Physiologie des sinus paranasaux. *EMC - Oto-Rhino-Laryngol.* janv 2006;1(1):1-10.
32. **Chrcanovic BR, Abreu MHNG, Custódio ALN.** A morphometric analysis of supraorbital and infraorbital foramina relative to surgical landmarks. *Surg Radiol Anat SRA.* mai 2011;33(4):329-35.
33. **Przygocka A, Podgórski M, Jędrzejewski K, Topol M, Polgaj M.** The location of the infraorbital foramen in human skulls, to be used as new anthropometric landmarks as a useful method for maxillofacial surgery. *Folia Morphol.* août 2012;71(3):198-204.
34. **Alandez J, Aparicio C.** Zygomatic implants: the anatomy-guided approach. London [etc.: Quintessence; 2012.
35. **Gaudy J-F.** Atlas d'anatomie implantaire. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2011.
36. **Noharet R, Gorce T, Cannas B, Gillot L.** Risque anatomique en implantologie orale au maxillaire. 2008;14(2).
37. **Lekholm U, Zarb G.** Patient selection and preparation. In: *Tissue-Integrated*

Prostheses : Osseointegration in Clinical Dentistry. Chicago: Quintessence Publishing Company; 1985. p. 199-209.

38. **Rossi M, Duarte LR, Mendonça R, Fernandes A.** Anatomical Bases for the Insertion of Zygomatic Implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* avr 2008;0(0):080411085817500-???
39. **Vacher C.** Bases anatomiques de l'abord du sinus maxillaire pour l'implantologie. *Actual Odonto-Stomatol.* oct 2013;(265):19-23.
40. **Bedrossian E. Rescue Implant Concept:** The Expanded Use of the Zygoma Implant in the Graftless Solutions. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* mai 2011;23(2):257-76.
41. **Filho HN, Amaral WS, Curra C, Cardoso CL, Santos PL dos.** Zygomatic implant: Late complications in a period of 12 years of experience. *Rev Clínica Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* déc 2017;10(3):176-9.
42. **Molinero-Mourelle P, Baca-Gonzalez L, Gao B, Saez-Alcaide L, Helm A, Lopez-Quiles J.** Surgical complications in zygomatic implants: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal.* 2016;0-0.
43. **Poeschl PW, Baumann A, Russmueller G, Poeschl E, Klug C, Ewers R.** Closure of Oroantral Communications With Bichat's Buccal Fat Pad. *J Oral Maxillofac Surg.* juill 2009;67(7):1460-6.
44. **Jensen OT, Adams M, Cottam JR, Ringeman J.** Occult Peri-implant Oroantral Fistulae: Posterior Maxillary Peri-implantitis/Sinusitis of Zygomatic or Dental Implant Origin. Treatment and Prevention with Bone Morphogenetic Protein-2/Absorbable Collagen Sponge Sinus Grafting. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(6):e512-20.
45. **Becktor JP, Isaksson S, Abrahamsson P, Sennerby L.** Evaluation of 31 zygomatic implants and 74 regular dental implants used in 16 patients for prosthetic reconstruction of the atrophic maxilla with cross-arch fixed bridges. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005;7(3):159-65.
46. **Petruson B.** Sinuscopy in patients with titanium implants in the nose and sinuses. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2004;38(2):86-93.
47. **Jung J-H, Choi B-H, Zhu S-J, Lee S-H, Huh J-Y, You T-M, et al.** The effects of exposing dental implants to the maxillary sinus cavity on sinus complications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* nov 2006;102(5):602-5.
48. **Davó R, Malevez C, López-Orellana C, Pastor-Beviá F, Rojas J.** Sinus

reactions to immediately loaded zygoma implants: a clinical and radiological study. *Eur J Oral Implantol.* 2008;1(1):53-60.

49. **Stiévenart M, Malevez C.** Rehabilitation of totally atrophied maxilla by means of four zygomatic implants and fixed prosthesis: a 6–40-month follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg.* avr 2010;39(4):358-63.

50. **Malevez C, Abarca M, Durdu F, Daelemans P.** Clinical outcome of 103 consecutive zygomatic implants: a 6-48 months follow-up study. *Clin Oral Implants Res.* févr 2004;15(1):18-22.

51. **Maló P, Nobre M de A, Lopes A, Ferro A, Moss S.** Five-year outcome of a retrospective cohort study on the rehabilitation of completely edentulous atrophic maxillae with immediately loaded zygomatic implants placed extra-maxillary. *Eur J Oral Implantol.* 2014;7(3):267-81.

52. **D’Agostino A, Trevisiol L, Favero V, Pessina M, Procacci P, Nocini PF.** Are Zygomatic Implants Associated With Maxillary Sinusitis? *J Oral Maxillofac Surg.* août 2016;74(8):1562-73.

53. **Aparicio C, Ouazzani W, Aparicio A, Fortes V, Muela R, Pascual A, et al.** Extrasinus Zygomatic Implants: Three Year Experience from a New Surgical Approach for Patients with Pronounced Buccal Concavities in the Edentulous Maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res.* mars 2010;12(1):55-61.

54. **Canullo L, Peñarrocha-Oltra D, Covani U, Botticelli D, Serino G, Penarrocha M.** Clinical and microbiological findings in patients with peri-implantitis: a cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res.* mars 2016;27(3):376-82.

55. **Krennmair S, Hunger S, Forstner T, Malek M, Krennmair G, Stimmelmayer M.** Implant health and factors affecting peri-implant marginal bone alteration for implants placed in staged maxillary sinus augmentation: A 5-year prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res.* févr 2019;21(1):32-41.

56. **Freedman M, Ring M, Stassen LFA.** Effect of alveolar bone support on zygomatic implants in an extra-sinus position—a finite element analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juin 2015;44(6):785-90.

57. **Duan Y, Chandran R, Cherry D.** Influence of Alveolar Bone Defects on the Stress Distribution in Quad Zygomatic Implant–Supported Maxillary Prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* mai 2018;33(3):693-700.

58. **Davo R, Syed H, Vicent VG, Pons O.** Clinical outcome of 33 immediately

loaded NobeZygoma 45° (new design). Clin Oral Implants Res. 2016;27 Suppl. 13.

59. **de Moraes EJ.** The buccal fat pad flap: an option to prevent and treat complications regarding complex zygomatic implant surgery. Preliminary report. Int J Oral Maxillofac Implants. août 2012;27(4):905-10.

60. **Guennal P, Guiol J.** Use of buccal fat pads to prevent vestibular gingival recession of zygomatic implants. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. avr 2018;119(2):161-3.

61. **Bothur S, Kindberg H, Lindqvist J.** The positions of implant heads in relation to the fixed dental prosthesis: a comparison of multiple zygomatic implants with standard implants for the reconstruction of the atrophic maxilla. Int J Oral Maxillofac Implants. juin 2012;27(3):664-70.

62. **Rosano G, Taschieri S, Gaudy J-F, Weinstein T, Del Fabbro M.** Maxillary sinus vascular anatomy and its relation to sinus lift surgery: Haemorrhage risk during sinus surgery. Clin Oral Implants Res. juill 2011;22(7):711-5.

63. **Oberlin C, Vacher C, Berthelot J-L.** Précis d'anatomie Tome 1 : Membres - Crâne - Tronc - Tête et cou. 11^e éd. Paris: Editions médicales internationales; 2004. (Lavoisier).

64. **Oberlin C, Vacher C, Berthelot J-L.** Précis d'anatomie Tome 2 : Membres - Crâne - Tronc - Tête et cou. 11^e éd. Paris: Editions médicales internationales; 2004. (Lavoisier).

65. **von Arx T, Lozanoff S.** Clinical Oral Anatomy [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017 [cité 15 févr 2020]. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-41993-0>

66. **Van Steenberghe D, Malevez C, Van Cleynenbreugel J, Bou Serhal C, Dhoore E, Schutyser F, et al.** Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. Clin Oral Implants Res. févr 2003;14(1):131-6.

67. **Kato Y, Kizu Y, Tonogi M, Ide Y, Yamane G.** Internal Structure of Zygomatic Bone Related to Zygomatic Fixture. J Oral Maxillofac Surg. sept 2005;63(9):1325-9.

68. **Nkenke E, Hahn M, Lell M, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Stech B, et al.** Anatomic site evaluation of the zygomatic bone for dental implant placement. Clin Oral Implants Res. févr 2003;14(1):72-9.

69. **Weingart D, Schilli W, Strub J.** Preprosthetic surgery and implantology. Schweiz Monatsschrift Zahnmed. 1992;(102):1075-982.

70. **Stella JP, Warner MR.** Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomaticus dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2000;15(6):889-93.
71. **Rigolizzo MB, Camilli JA, Francischone CE, Padovani CR, Brånemark P-I.** Zygomatic bone: anatomic bases for osseointegrated implant anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 2005;20(3):441-7.
72. **Corvello PC, Montagner A, Batista FC, Smidt R, Shinkai RS.** Length of the drilling holes of zygomatic implants inserted with the standard technique or a revised method: A comparative study in dry skulls. *J Cranio-Maxillofac Surg.* mars 2011;39(2):119-23.
73. **Tzerbos F, Bountaniotis F, Theologie-Lygidakis N, Fakitsas D, Fakitsas I.** Complications of Zygomatic Implants: Our Clinical Experience with 4 Cases. *Acta Stomatol Croat.* 15 sept 2016;50(3):251-7.
74. **Garcia Garcia B, Ruiz Masera J, Zafra Camacho F.** Bilateral Cutaneous Fistula After the Placement of Zygomatic Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* mars 2016;e11-4.
75. **Dawood A, Kalavresos N.** Management of Extraoral Complications in a Patient Treated with Four Zygomatic Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juill 2017;32(4):893-6.
76. **Ujigawa K, Kato Y, Kizu Y, Tonogi M, Yamane G-Y.** Three-dimensional finite elemental analysis of zygomatic implants in craniofacial structures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juill 2007;36(7):620-5.
77. **Xu X, Zhao S, Liu H, Sun Z, Wang J, Zhang W.** An Anatomical Study of Maxillary-Zygomatic Complex Using Three-Dimensional Computerized Tomography-Based Zygomatic Implantation. *BioMed Res Int.* 2017;2017:1-8.
78. **Bither S, Halli R, Kini Y.** Buccal Fat Pad in Intraoral Defect Reconstruction. *J Maxillofac Oral Surg.* déc 2013;12(4):451-5.
79. **Tideman H, Bosanquet A, Scott J.** Use of the buccal fat pad as a pedicled graft. *J Oral Maxillofac Surg.* juin 1986;44(6):435-40.
80. **Baumann A, Ewers R.** Application of the buccal fat pad in oral reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* avr 2000;58(4):389-92; discussion 392-393.
81. **Singh J, Prasad K, Lalitha RM, Ranganath K.** Buccal pad of fat and its

applications in oral and maxillofacial surgery: a review of published literature (February) 2004 to (July) 2009. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. déc 2010;110(6):698-705.

82. **Zhang H-M, Yan Y-P, Qi K-M, Wang J-Q, Liu Z-F.** Anatomical Structure of the Buccal Fat Pad and Its Clinical Adaptations: *Plast Reconstr Surg*. juin 2002;109(7):2509-18.

83. **Jain MK, Ramesh C, Sankar K, Lokesh Babu KT.** Pedicled buccal fat pad in the management of oroantral fistula: a clinical study of 15 cases. *Int J Oral Maxillofac Surg*. août 2012;41(8):1025-9.

84. **Kim M-K, Han W, Kim S-G.** The use of the buccal fat pad flap for oral reconstruction. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* [Internet]. déc 2017 [cité 4 juill 2019];39(1). Disponible sur:

<http://jkamprs.springeropen.com/articles/10.1186/s40902-017-0105-5>

85. **Yates JM, Brook IM, Patel RR, Wragg PF, Atkins SA, El-Awa A, et al.** Treatment of the edentulous atrophic maxilla using zygomatic implants: evaluation of survival rates over 5–10 years. *Int J Oral Maxillofac Surg*. févr 2014;43(2):237-42.

86. **Ordioni U, Guivarc M, Campana F.** Le corps adipeux de la joue : intérêt chirurgical dans la fermeture des communications bucco-sinusiennes post-extractionnelles. *Revue de la littérature*. Unpublished [Internet]. 2013 [cité 23 oct 2019]; Disponible sur: <http://rgdoi.net/10.13140/2.1.5021.7606>

87. **Lagier A, Alshawareb F, Layoun W, Lagier J-P.** Le corps adipeux de la joue dans la reconstruction des pertes de substances postérieures de la cavité buccale. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. juin 2010;111(3):152-4.

88. **Cikatricis P, Salvi SM, Burke JP.** Iatrogenic Lateral Rectus Transection Secondary to Dental Implantation Surgery. *Orbit*. janv 2008;27(4):305-7.

89. **Reychler H, Olszewski R.** Intracerebral penetration of a zygomatic dental implant and consequent therapeutic dilemmas: case report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. avr 2010;25(2):416-8.

90. **Fonseca RJ.** Oral and maxillofacial surgery [Internet]. 2018 [cité 24 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.clinicalkey.com/dura/browse/bookChapter/3-s2.0-C20141001032>

91. **Sharma A, Rahul GR.** Zygomatic Implants/Fixture: A Systematic Review. *J Oral Implantol*. avr 2013;39(2):215-24.

92. **Joo W, Funaki T, Yoshioka F, Rhoton AL.** Microsurgical anatomy of the

infratemporal fossa: Microsurgical Anatomy. Clin Anat. mai 2013;26(4):455-69.

93. **Lafitte F, Martin-Duverneuil N, Brunet E, Williams M.** RHINOPHARYNX ET ESPACES PROFONDS DE LA FACE : ANATOMIE ET APPLICATIONS À LA PATHOLOGIE. J Neuroradiol. 1997;24(2):98.
94. **Bedrossian E, Sullivan RM, Fortin Y, Malo P, Indresano T.** Fixed-Prosthetic Implant Restoration of the Edentulous Maxilla: A Systematic Pretreatment Evaluation Method. J Oral Maxillofac Surg. janv 2008;66(1):112-22.
95. **Chrcanovic BR, Oliveira DR, Custódio AL.** Accuracy Evaluation of Computed Tomography–Derived Stereolithographic Surgical Guides in Zygomatic Implant Placement in Human Cadavers. J Oral Implantol. oct 2010;36(5):345-55.
96. **Hirsch J-M, Ohrnell L-O, Henry PJ, Andreasson L, Brånemark P-I, Chiapasco M, et al.** A clinical evaluation of the Zygoma fixture: one year of follow-up at 16 clinics. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg. sept 2004;62(9 Suppl 2):22-9.
97. **Pineau M, Nicot R, Lauwers L, Ferri J, Raoul G.** Zygomatic implants in our daily practice. Part I: Treatment Plan and Surgical Technique. Swiss Dent J. 10 sept 2018;128(9):689-93.
98. **Wittwer G, Adeyemo WL, Schicho K, Birkfellner W, Enislidis G.** Prospective randomized clinical comparison of 2 dental implant navigation systems. Int J Oral Maxillofac Implants. oct 2007;22(5):785-90.
99. **Margossian P, Mariani P, Laborde G.** Guides radiologiques et chirurgicaux en implantologie. In: Odontologie. Paris: Elsevier Masson SAS; 2009.
100. **Massereau E, Romanet I, Richard O, Tavitian P, Lafont J, Chossegras C.** Implants zygomatiques : mises au point. Lett Stomatol. sept 2017;75:28-36.
101. **Nickenig H-J, Eitner S.** Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. J Cranio-Maxillofac Surg. juin 2007;35(4-5):207-11.
102. **Chow J.** A novel device for template-guided surgery of the zygomatic implants. Int J Oral Maxillofac Surg. oct 2016;45(10):1253-5.
103. **Takamaru N, Nagai H, Ohe G, Tamatani T, Sumida K, Kitamura S, et al.** Measurement of the zygomatic bone and pilot hole technique for safer insertion of zygomaticus implants. Int J Oral Maxillofac Surg. janv 2016;45(1):104-9.
104. **Wang F, Bornstein MM, Hung K, Fan S, Chen X, Huang W, et al.** Application

of Real-Time Surgical Navigation for Zygomatic Implant Insertion in Patients With Severely Atrophic Maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* janv 2018;76(1):80-7.

105. **Agence Française de Sécurité Sanitaire et d'Accréditation des Produits de Santé (AFSSAPS).** Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire [Internet]. 2011 [cité 12 nov 2019]. Disponible sur: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUK EwjE1cGs9NXnAhWNx4UKHYjRBioQFjAAegQIBRAB&url=https%3A%2F%2Fwww.anism.sante.fr%2Fcontent%2Fdownload%2F5297%2F52416%2Fversion%2F12%2Ffile%2FReco-Prescription-des-antibiotiques-en-pratique-buccodentaire_Septembre2011.pdf&usg=AOvVaw0Y4jyPVrpHlItLUJFYU7HZ

106. **Esposito M, Grusovin MG, Worthington HV.** Interventions for replacing missing teeth: antibiotics at dental implant placement to prevent complications. Cochrane Oral Health Group, éditeur. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 31 juill 2013 [cité 19 oct 2019]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD004152.pub4>

107. **Bedrossian E, Stumpel L, Beckely ML, Indresano T, Indersano T.** The zygomatic implant: preliminary data on treatment of severely resorbed maxillae. A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2002;17(6):861-5.

108. **Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Aparicio A, Nunes J, Claros P, et al.** Zygomatic Implants Placed Using the Zygomatic Anatomy-Guided Approach versus the Classical Technique: A Proposed System to Report Rhinosinusitis Diagnosis: Classical versus Zygomatic Anatomy-Guided Approach. *Clin Implant Dent Relat Res.* oct 2014;16(5):627-42.

109. **Urgell JP, Mir-Mari J, Figueiredo R, Gay-Escoda C.** Réhabilitation de maxillaires atrophiques en utilisant des implants zygomatiques. *Implants.* 2012;

110. **Chrcanovic BR, Pedrosa AR, Custódio ALN.** Zygomatic implants: a critical review of the surgical techniques. *Oral Maxillofac Surg.* mars 2013;17(1):1-9.

111. **Verdino J-B, Zarrine S, Minassian H, Thiel M, Muret M, Moal J-M, et al.** Traitement du maxillaire fortement résorbé à l'aide d'implants transzygomatiques. *Inf Dent.* 9 oct 2019;101(34).

112. **Peñarrocha M, García B, Martí E, Boronat A.** Rehabilitation of severely atrophic maxillae with fixed implant-supported prostheses using zygomatic implants placed using the sinus slot technique: clinical report on a series of 21 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2007;22(4):645-50.

113. **Migliorança RM, Coppedê A, Dias Rezende RCL, de Mayo T.** Restoration of the edentulous maxilla using extrasinus zygomatic implants combined with anterior conventional implants: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 2011;26(3):665-72.
114. **Migliorança RM, Sotto-Maior BS, Senna PM, Francischone CE, Cury AADB.** Immediate occlusal loading of extrasinus zygomatic implants: A prospective cohort study with a follow-up period of 8 years. *Int J Oral Maxillofac Surg.* sept 2012;41(9):1072-6.
115. **Coppedê A, de Mayo T, de Sá Zamperlini M, Amorin R, de Pádua APAT, Shibli JA.** Three-year clinical prospective follow-up of extrasinus zygomatic implants for the rehabilitation of the atrophic maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res.* oct 2017;19(5):926-34.
116. **Chow J, Wat P, Hui E, Lee P, Li W.** A new method to eliminate the risk of maxillary sinusitis with zygomatic implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* déc 2010;25(6):1233-40.
117. **Neugarten J, Tuminelli F, Walter L.** Two Bilateral Zygomatic Implants Placed and Immediately Loaded: A Retrospective Chart Review with Up-to-54-Month Follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants.* nov 2017;32(6):1399-403.
118. **Verdino J-B, Mardenalom D.** Apport des implants trans-zygomatiques dans le traitement du maxillaire supérieur partiellement ou totalement édenté.
119. **Chana H, Smith G, Bansal H, Zahra D.** A Retrospective Cohort Study of the Survival Rate of 88 Zygomatic Implants Placed Over an 18-year Period. *Int J Oral Maxillofac Implants.* mars 2019;34(2):461-70.
120. **Straumann Group.** Neodent Catalogue. 2018.
121. Institut Straumann AG. Implant Straumann Bone Level Tapered : Informations de base. 2017.
122. **Nobel Biocare.** Brånemark System Manual FR.
123. **Buser D, Weber HP, Brägger U.** The treatment of partially edentulous patients with ITI hollow-screw implants: presurgical evaluation and surgical procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1990;5(2):165-75.
124. **Aparicio C, Ouazzani W, Garcia R, Arevalo X, Muela R, Fortes V.** A Prospective Clinical Study on Titanium Implants in the Zygomatic Arch for Prosthetic Rehabilitation of the Atrophic Edentulous Maxilla with a Follow-Up of 6 Months to 5 Years. *Clin Implant Dent Relat Res.* sept 2006;8(3):114-22.

125. **Boyes-Varley JG, Howes DG, Lownie JF, Blackbeard GA.** Surgical modifications to the Brånemark zygomaticus protocol in the treatment of the severely resorbed maxilla: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* avr 2003;18(2):232-7.
126. **Al-Nawas B, Wegener J, Bender C, Wagner W.** Critical soft tissue parameters of the zygomatic implant. *J Clin Periodontol.* juill 2004;31(7):497-500.
127. **Farzad P, Andersson L, Gunnarsson S, Johansson B.** Rehabilitation of severely resorbed maxillae with zygomatic implants: an evaluation of implant stability, tissue conditions, and patients' opinion before and after treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 2006;21(3):399-404.
128. **Agliardi EL, Romeo D, Panigatti S, de Araújo Nobre M, Maló P.** Immediate full-arch rehabilitation of the severely atrophic maxilla supported by zygomatic implants: a prospective clinical study with minimum follow-up of 6 years. *Int J Oral Maxillofac Surg.* déc 2017;46(12):1592-9.
129. **Almeida PHT, Cacciacane SH, França FMG.** Stresses generated by two zygomatic implant placement techniques associated with conventional inclined anterior implants. *Ann Med Surg* 2012. juin 2018;30:22-7.
130. **Kahnberg K-E, Henry PJ, Hirsch J-M, Öhrnell L-O, Andreasson L, Brånemark P-I, et al.** Clinical Evaluation of the Zygoma Implant: 3-Year Follow-Up at 16 Clinics. *J Oral Maxillofac Surg.* oct 2007;65(10):2033-8.
131. **Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL.** Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2005;20(4):569-77.
132. **Aboul-Hosn Centenero S, Lázaro A, Giralto-Hernando M, Hernández-Alfaro F.** Zygoma Quad Compared With 2 Zygomatic Implants: A Systematic Review and Meta-analysis. *Implant Dent.* janv 2018;1.
133. **Rm M, Al I, M P-D, Rr F, Aizcorbe-Vicente J, Ij ZF.** History of zygomatic implants: A systematic review and meta-analysis. *Dent Oral Craniofac Res [Internet].* 2019 [cité 3 janv 2020];5(2). Disponible sur: <https://www.oatext.com/history-of-zygomatic-implants-a-systematic-review-and-meta-analysis.php>
134. **Misch CE, Perel ML, Wang H-L, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, et al.** Implant Success, Survival, and Failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference: *Implant Dent.* 2008;17(1):5-15.
135. **Timmenga NM, Raghoobar GM, Liem RSB, van Weissenbruch R, Manson WL, Vissink A.** Effects of maxillary sinus floor elevation surgery on maxillary sinus

physiology. *Eur J Oral Sci.* juin 2003;111(3):189-97.

136. **Nobre M de A, Maló P, Gonçalves I.** Evaluation of Clinical Soft Tissue Parameters for Extramaxillary Zygomatic Implants and Conventional Implants in All-on-4 Hybrid Rehabilitations: Short-Term Outcome and Proposal of Clinical Recommendations for Intervention in Recall Appointments. *Implant Dent.* avr 2015;1.

137. **Pineau M, Nicot R, Lauwers L, Ferri J, Raoul G.** Zygomatic implants in our daily practice. Part II: Prosthetic rehabilitation and effect on quality of life. *Swiss Dent J.* 10 sept 2018;128(9):694-700.

138. **Sartori EM, Padovan LEM, de Mattias Sartori IA, Ribeiro PD, Gomes de Souza Carvalho AC, Goiato MC.** Evaluation of Satisfaction of Patients Rehabilitated With Zygomatic Fixtures. *J Oral Maxillofac Surg.* févr 2012;70(2):314-9.

139. **Davó R, Malevez C, Rojas J, Rodríguez J, Regolf J.** Clinical outcome of 42 patients treated with 81 immediately loaded zygomatic implants: a 12- to 42-month retrospective study. *Eur J Oral Implantol.* Summer 2008;9 Suppl 1(2):141-50.

140. **Esposito M, Davó R, Marti-Pages C, Ferrer-Fuertes A, Barausse C, Pistilli R, et al.** Immediately loaded zygomatic implants vs conventional dental implants in augmented atrophic maxillae: 4 months post-loading results from a multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2018;11(1):11-28.

141. **Davó R, Felice P, Pistilli R, Barausse C, Marti-Pages C, Ferrer-Fuertes A, et al.** Immediately loaded zygomatic implants vs conventional dental implants in augmented atrophic maxillae: 1-year post-loading results from a multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2018;11(2):145-61.

142. **Ishak MI, Kadir MRA, Sulaiman E, Kasim NHA.** Finite Element Analysis of Zygomatic Implants in Intrasinus and Extramaxillary Approaches for Prosthetic Rehabilitation in Severely Atrophic Maxillae. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(3):e151-60.

GROBOT (Pierre-Alexandre) - Comparaison et étude rétrospective des différentes techniques chirurgicales pour la pose d'implants zygomatiques : réflexion autour de 86 cas cliniques. (Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2020 ; N°15)

N°43.22.20.15

Résumé :

De nos jours, le vieillissement de la population entraîne un accroissement notable du nombre de patients édentés partiels ou totaux. La perte d'éléments dentaires est à l'origine d'une résorption progressive et centripète de l'os maxillaire. En cas d'atrophie sévère de ce dernier, plusieurs solutions pourront être avancées, telles les greffes osseuses ou le *sinus lift*. Cependant, ces techniques ne sont pas toujours envisageables et nécessitent souvent des temps d'attente longs et une temporisation difficile.

En fonction de la demande et des besoins du patient, les implants zygomatiques constituent une alternative thérapeutique efficace et sûre, permettant une temporisation fixe tout en évitant les greffes osseuses. En plus d'une connaissance anatomique fondamentale, cette chirurgie nécessite des compétences et habitudes de travail, afin d'allier précision et reproductibilité.

Cette thèse détaille dans un premier temps les différentes techniques chirurgicales permettant la mise en place d'implants zygomatiques, puis porte sur une étude rétrospective incluant 86 patients, dont le but est de comparer l'approche ZAGA avec la technique extra-maxillaire. Cette étude évalue les critères anatomiques, cliniques et chirurgicaux permettant de déterminer le succès implantaire, la survenue de complications et la satisfaction des patients pour chacune des cohortes. Finalement, elle ouvre une discussion, notamment sur les complications associées aux différentes techniques et sur les limites de l'étude.

Rubrique de classement : CHIRURGIE IMPLANTAIRE

Mots clés : Atrophie du maxillaire
Implant zygomatique
Mise en charge immédiate
Sinus maxillaire
Alternative greffe osseuse

Me SH : *atrophic maxilla, zygomatic implant, graftless solution, immediate loading, maxillary sinus*

Jury :

Président : Professeur CLAUSS François

Assesseurs : Docteur BOUKARI Abdessamad
Docteur BAHI-GROSS Sophie
Docteur PETIT Catherine

Membre invité : Docteur BRIDONNEAU Thomas

Coordonnées de l'auteur :

Adresse postale :

PA. GROBOT

11, rue de la Première Armée

67000 STRASBOURG

Adresse de messagerie : pierre.grobot@live.fr

