



HAL
open science

Intérêt et apport des techniques de planification numérique et d'impression 3D dans les reconstructions mandibulaires par lambeau libre de fibula

Fabien Ferrari

► **To cite this version:**

Fabien Ferrari. Intérêt et apport des techniques de planification numérique et d'impression 3D dans les reconstructions mandibulaires par lambeau libre de fibula. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-01935554

HAL Id: dumas-01935554

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01935554>

Submitted on 26 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INTÉRÊT ET APPORT DES TECHNIQUES DE
PLANIFICATION NUMÉRIQUE ET D'IMPRESSION 3D
DANS LES RECONSTRUCTIONS MANDIBULAIRES PAR
LAMBEAU LIBRE DE FIBULA

Année 2018

Thèse n° 42-57-18-22

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 13 Septembre 2018 par

Monsieur Fabien FERRARI

Né le 08-05-1992 à CANNES

Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
(Diplôme d'État)

Examineurs :

Monsieur le Professeur
Monsieur le Docteur
Madame le Docteur
Monsieur le Docteur
Monsieur le Docteur

P. MAHLER
P. COCHAIS
C. VOHA
O. DASSONVILLE
R. LE ROY

Président du jury
Directeur de Thèse
Assesseur
Co-directeur de Thèse
Membre invité

INTÉRÊT ET APPORT DES TECHNIQUES DE
PLANIFICATION NUMÉRIQUE ET D'IMPRESSIION 3D
DANS LES RECONSTRUCTIONS MANDIBULAIRES PAR
LAMBEAU LIBRE DE FIBULA

Année 2018

Thèse n° 42-57-18-22

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant
la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nice
Le 13 Septembre 2018 par

Monsieur Fabien FERRARI

Né le 08-05-1992 à CANNES

Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE
(Diplôme d'État)

Examineurs :

Monsieur le Professeur
Monsieur le Docteur
Madame le Docteur
Monsieur le Docteur
Monsieur le Docteur

P. MAHLER
P. COCHAIS
C. VOHA
O. DASSONVILLE
R. LE ROY

Président du jury
Directeur de Thèse
Assesseur
Co-directeur de Thèse
Membre invité

CORPS ENSEIGNANT

56ème section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle

Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme PIERRE Audrey

Sous-section 02 : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle

Assistante Associée-Praticien Associé : Mme OUEISS Arlette

Assistant Hospitalier Universitaire : M. BUSSON Floriant

Sous-section 03 : PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : Mme LUPI-PEGURIER Laurence

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme SOSTHE Anne Laure

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BORSA Leslie

57ème section : SCIENCES BIOLOGIQUES, MEDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE

Sous-section 01 : PARODONTOLOGIE

Maître de Conférences des Universités : M. CHARBIT Yves

Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine

Assistant Hospitalier Universitaire : M. BORIE Gwenaël

Assistant Hospitalier Universitaire : M. RATHELOT Benjamin

Sous-section 02 : CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE, ANESTHESIE ET REANIMATION

Professeur des Universités Associées : Mme MERIGO Elisabetta

Maître de Conférences des Universités : M. COCHAIS Patrice

Maître de Conférences des Universités : M. SAVOLDELLI Charles

Assistant Hospitalier Universitaire : M. PAUL Adrien

Sous-section 03 : SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeur des Universités : Mme PRECHEUR-SABLAYROLLES Isabelle

Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène

Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine

<p>58ème section : SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES</p>
--

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France

Professeur des Universités : M. MEDIONI Etienne

Professeur Emérite : M. ROCCA Jean-Paul

Maître de Conférences des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie

Maître de Conférences Associé des Universités : M. CEINOS Romain

Assistant Hospitalier Universitaire : M. MORKOWSKI-GEMMI Thomas

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DUVERNEUIL Laura

Assistant Hospitalier Universitaire : M. GANDJIZADEH GHOUCHANI Mir-Payam

Sous-section 02 : PROTHESES

Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire

Maître de Conférences des Universités : M. ALLARD Yves

Maître de Conférences des Universités : M. LAPLANCHE Olivier

Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CERETTI Léonor

Assistant Hospitalier Universitaire : M. OUDIN GENDREL Antoine

Assistant Hospitalier Universitaire : M. SABOT Jean-Guy

Assistant Hospitalier Universitaire : M. SAMMUT Arnaud

Sous-section 03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Professeur des Universités : M. BOLLA Marc

Professeur des Universités : M. MAHLER Patrick

Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie

Maître de Conférences des Universités : M. LEFORESTIER Eric

Assistant Hospitalier Universitaire : Mme AZAN Cindy

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Patrick Mahler

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'université Henry Poincaré Nancy 1
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Responsable de la sous-section sciences anatomiques et physiologiques
Ancien Chef de Pole de l'unité d'Odontologie CHU de Nice

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse. Tout au long de ma formation vous m'avez accompagné en me transmettant votre savoir, vos connaissances, votre sens clinique ainsi que votre sympathie et votre humour. La qualité de votre enseignement, associée à des valeurs de rigueur et de perfectionnisme, m'ont donné les armes pour aborder sereinement toutes les situations difficiles auxquelles nous pouvons être confrontés et je ne saurai jamais comment vous en remercier.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de toute ma gratitude, mon profond respect et ma grande reconnaissance pour tout ce que vous m'avez apporté.

À Monsieur le Docteur Patrice Cochais

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférence des Universités en Chirurgie Orale – Praticien Hospitalier
Responsable de la sous-section chirurgie buccale, pathologie et thérapeutique, anesthésie et réanimation

Je vous suis très reconnaissant d'avoir accepté de diriger ma thèse. Vos grandes compétences en chirurgie orale, votre gentillesse, votre bienveillance et votre disponibilité se sont avérées des plus précieuses. N'ayant pas eu la chance de travailler à vos côtés durant mes années de clinique, il me paraissait comme évident de palier à ce manque en vous associant à ce projet ambitieux.

Vous trouverez dans ce travail l'expression d'une grande estime et de ma profonde gratitude.

À Madame le Docteur Christine Voha

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférence des Universités en Chirurgie Orale – Praticien Hospitalier
Sous-section Sciences Biologiques

C'est avec joie que je vous compte parmi les membres de mon jury. J'ai beaucoup apprécié votre enseignement. Cela a été pour moi un honneur et un réel plaisir de participer durant mes deux dernières années de formation à la réalisation des prélèvements de votre étude sur les tissus parodontosiques. Vous n'avez pas hésité à me soutenir tout au long de mon externat et je vous en serai éternellement reconnaissant.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de mon plus profond respect.

À Monsieur le Docteur Olivier Dassonville

Docteur en Médecine, Chirurgien Oto-Rhino-Laryngologiste et Cervico-Facial
Praticien Spécialiste des Centres de Lutte Contre le Cancer
Chef de Pôle de Chirurgie Oncologique Cervico-faciale, Centre Antoine Lacassagne
Président du Conseil Médical de l'Institut Universitaire de la Face et du Cou

C'est un grand honneur pour moi de vous voir siéger dans ce jury. Dès le début de mon externat vous m'avez accueilli au sein de votre bloc opératoire et vous m'avez donné l'opportunité de participer à vos interventions. Vos compétences chirurgicales et pédagogiques sont inégalables. Je vous remercie pour votre implication, vos conseils et votre grande gentillesse.

Je vous adresse ma profonde gratitude, veuillez croire en mon bonheur de partager ce travail avec vous.

À Monsieur le Docteur René Le Roy

Docteur en Chirurgie Dentaire, Chirurgien Oral
Pratique Libérale
Ancien Assistant Hospitalier Universitaire
Ancien Praticien Hospitalier

Je suis très honoré de vous compter parmi les membres de ce jury en ce jour si important. J'ai eu la chance et l'honneur durant ces trois années de cliniques d'être accompagné et formé par vos soins dans ce domaine qui me passionne tant, la chirurgie orale. Votre humour, votre gentillesse et la bonne ambiance qui régnait lors de ces mercredis au bloc resteront très certainement des éléments marquants de ma formation initiale. Au-delà d'être un excellent praticien et un véritable mentor pour moi, je suis fier de vous compter désormais parmi mes amis. Je vous remercie infiniment pour votre enseignement et tout ce dont vous m'avez apporté.

Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma plus grande estime et mes remerciements les plus sincères.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	7
1^{ère} PARTIE : BASES FONDAMENTALES ET PROBLEMATIQUE	8
I. RAPPELS ANATOMIQUES	9
1) La Mandibule :.....	9
a. Organisation anatomique	9
b. Architecture et biomécanique	15
2) La fibula (Péroné) :	16
a. Organisation anatomique	16
b. Architecture et biomécanique	17
II. LES PERTES DE SUBSTANCES MANDIBULAIRES INTERRUPTICES FAISANT APPEL AU LAMBEAU LIBRE DE FIBULA	18
1) Étiologie.....	18
a. Les lésions tumorales malignes (cancers)	18
b. Les lésions tumorales bénignes.....	19
c. Origine traumatique	20
d. Origine toxi-infectieuse.....	20
2) Classification des pertes de substances mandibulaires interruptrices	21
3) Conséquences des pertes de substances	22
a. Liées à la chirurgie d'exérèse	22
b. Liées à la chirurgie reconstructrice.....	23
c. Liées aux traitements des lésions cancéreuses	24
III. CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR (CFAO)	25
1) Description.....	25
2) CFAO dans le domaine médical.....	26
a. CFAO et intervention chirurgicale	26
b. CFAO, recherche et Bio-impression.....	28
c. CFAO et réalisation de dispositifs médicaux prothétiques sur mesure	29
2^{ème} PARTIE : RECONSTRUCTION MANDIBULAIRE PAR LAMBEAU LIBRE DE FIBULA ET ASSISTANCE PAR ORDINATEUR	31
I. UTILISATION DU LAMBEAU LIBRE DE FIBULA, GÉNÉRALITÉS	32
1) Historique et évolution de la technique de reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula	32
2) Objectifs de la reconstruction.....	32
3) Critères de choix d'utilisation d'un lambeau composite osteo-cutané fibulaire.....	33
a. Avantages.....	33
b. Inconvénients, limites d'utilisation.....	34
4) Risques et effets indésirables liés à l'intervention.....	36
II. PLANIFICATION NUMÉRIQUE ASSOCIÉE À LA CFAO	37
1) Description du système OBL de Materialise et problématique	37

2)	Intérêt et apport de la chirurgie assistée par ordinateur	38
a.	Pour l'équipe chirurgicale	38
b.	Pour le patient.....	39
3)	Les étapes de la planification numérique à la réalisation de dispositifs sur-mesure.....	40
a.	Premières étapes : Acquisition des images et segmentation des données	40
b.	Deuxième étape : planification numérique de résection et de reconstruction.....	41
c.	Troisième étape : CFAO	45
III. PROTOCOLE OPERATOIRE DES RECONSTRUCTIONS MANDIBULAIRES ASSISTÉES PAR ORDINATEUR.....		49
1)	Préparation du site donneur.....	49
a.	Dessin du lambeau	49
b.	Incisions et décollements du lambeau.....	50
c.	Ostéotomies et conformations associées à un guide de coupe fibulaire	51
2)	Préparation du site receveur	52
a.	Voie d'abord à la lésion	52
b.	Évidement ganglionnaire	54
c.	Ostéotomies à l'aide d'un guide de coupe mandibulaire	54
3)	Greffe du lambeau	55
a.	Libération du lambeau de fibula.....	55
b.	Fixation du lambeau	55
c.	Anastomoses vasculaires au site receveur.....	56
d.	Fermeture des sites opératoires	58
IV. RÉHABILITATION PROTHÉTIQUE IMPLANTO-PORTEE		59
1)	Pourquoi implanter	59
2)	Quand implanter	59
a.	Implantation immédiate.....	59
b.	Implantation différée.....	60
c.	Délai avant mise en charge de la prothèse sur implant.....	61
3)	Comment implanter	62
V. NOUVELLES PERSPECTIVES DE RÉHABILITATIONS PROTHÉTIQUES IMPLANTO-PORTÉES PERMISES PAR LA PLANIFICATION NUMÉRIQUE		63
1)	Problématique	63
2)	Planification numérique implantaire, utilisation du logiciel SimPlant®	64
3)	Mise en fonction immédiate d'une prothèse supra implantaire et reconstruction par lambeau libre de fibula en un temps.....	67
3^{ème} PARTIE : PRÉSENTATION DE CAS CLINIQUES		68
I. PREMIER CAS		70
II. DEUXIEME CAS.....		83
Discussion		97
Conclusion		99
Table des figures.....		100
Références bibliographiques		103

INTRODUCTION

Les pertes de substances mandibulaires font partie des pathologies les plus représentées de la sphère maxillo-faciale-ORL, elles sont multifactorielles et engendrent de nombreuses séquelles fonctionnelles et esthétiques avec un fort retentissement sur le psychisme des patients. Leurs prises en charge nécessitent le regroupement d'une équipe de compétence pluridisciplinaire.

La reconstruction mandibulaire des pertes de substances interruptrices à l'aide d'un lambeau libre osseux micro-anastomosé de fibula est devenue une procédure courante pour certaines équipes chirurgicales réparatrices. Ce lambeau possède de nombreux avantages qui en font de loin le lambeau le plus utilisé dans cette indication.

Néanmoins, la reproduction de la géométrie complexe mandibulaire à partir d'un os rectiligne fait de la conformation fibulaire l'étape la plus difficile de l'intervention qui conditionnera les suites fonctionnelles et esthétiques.

Depuis plusieurs années des outils numériques provenant de l'ingénierie médicale aident les chirurgiens dans la planification et la réalisation des interventions. Les premiers secteurs d'interventions à en avoir bénéficié ont été l'implantologie dentaire ainsi que la chirurgie orthopédique. Plus récemment, les techniques de planification numérique et d'impression 3D ont permis la production de guides de coupes et de plaques d'ostéosynthèse préformées dans le but d'aider les chirurgiens maxillo-faciaux à la réalisation des conformations fibulaires.

Ce travail a pour objectif de montrer toute l'étendue des possibilités permises par l'emploi d'un tel système lors de reconstructions mandibulaires par lambeau libre de fibula et de mettre en évidence leurs incidences positives sur la réhabilitation dentaire.

**1^{ère} PARTIE : BASES
FONDAMENTALES ET
PROBLEMATIQUE**

I. RAPPELS ANATOMIQUES

1) La Mandibule :

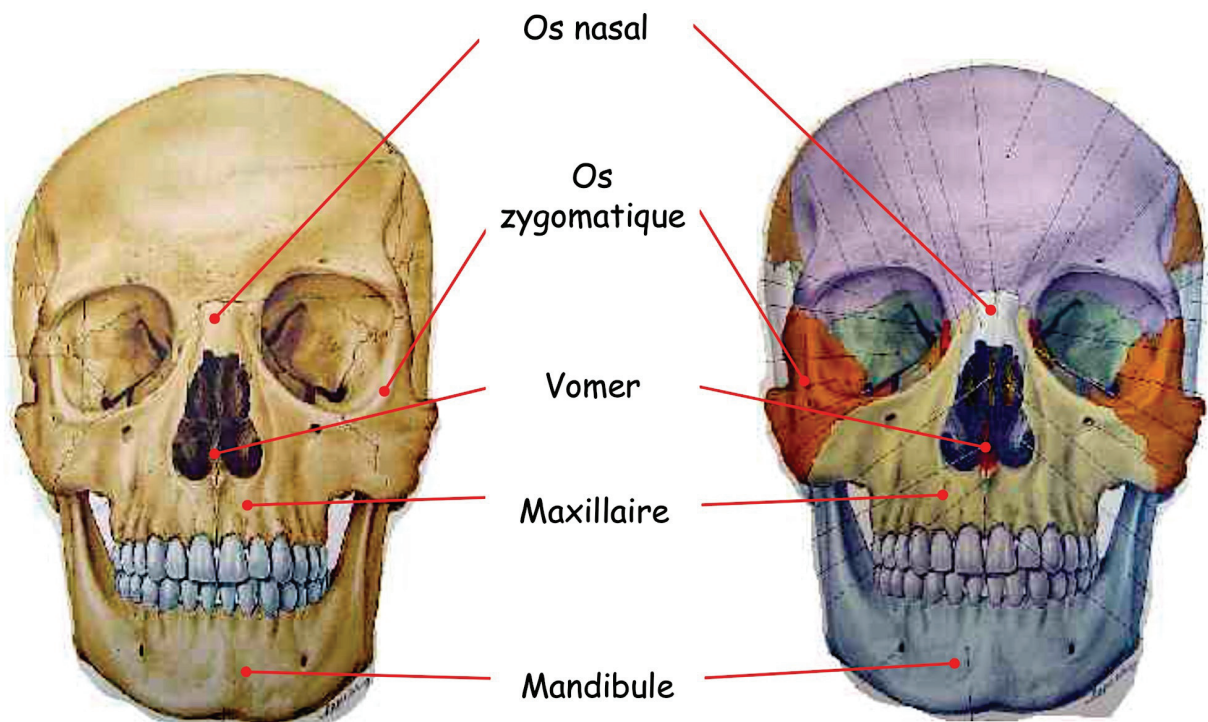


Figure 1 : Vue frontale des os de la face. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1

a. Organisation anatomique

La mandibule est la seule pièce anatomique osseuse mobile de la face. Elle a la forme d'un fer à cheval dont les extrémités se redressent vers le haut. C'est un os impair, médian et symétrique. Elle constitue à elle seule le squelette de la mâchoire inférieure et est intimement reliée par ses condyles à l'os temporal via l'articulation temporo-mandibulaire ainsi qu'à l'os maxillaire par l'articulé dentaire.

OSTEOLOGIE :

La mandibule est composée de 3 parties : le corps ou arc mandibulaire en avant et de deux branches montantes en arrière avec, à leur jonction, un angle variable avec l'âge, le sexe et la race (environ 120°).

Le corps partie horizontale de la mandibule, se présente en forme de fer à cheval à concavité postérieure avec deux faces et deux bords :

- la face externe marquée sur la ligne médiane par la symphyse mentonnière, par les foramens mentonniers de part et d'autre de la ligne médiane, et latéralement par la ligne oblique qui part d'un tubercule mentonnier et qui se prolonge sur la partie externe de la branche montante de la mandibule (*Figure 2*) ;
- la face interne concave en arrière laisse apparaître les épines mentonnères de chaque côté de la ligne médiane, la fossette du digastrique, la ligne mylo-hyoïdienne oblique, la fosse sublinguale ainsi que la fosse submandibulaire (*Figure 3*) ;
- le bord supérieur alvéolaire large et creusé d'alvéoles dentaires séparées par des septums inter-alvéolaires formant l'arcade alvéolaire ;
- le bord inférieur épais et arrondi présente dans sa partie postérieure le sillon de l'artère faciale et est intimement accolé à la peau que seul le muscle peaucier sépare.

Face externe

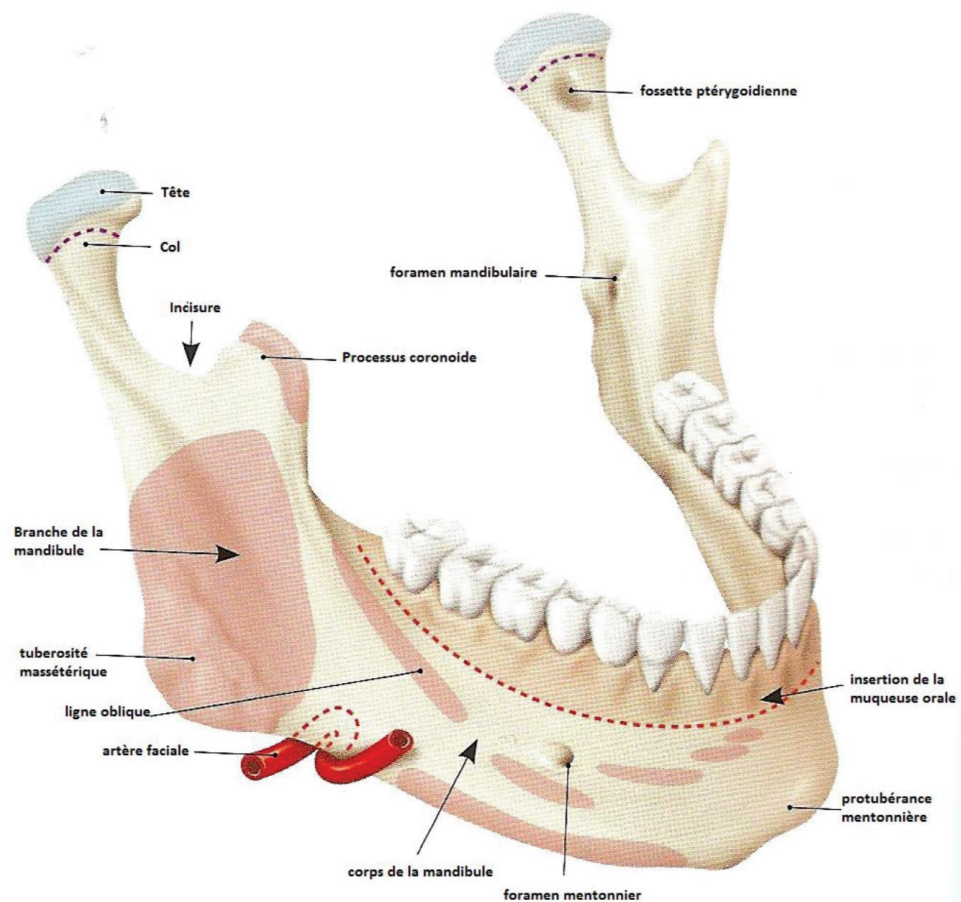


Figure 2 : Face externe du corps de la mandibule et de la branche montante, KAMINA P. Précis d'anatomie clinique tome II

Face interne

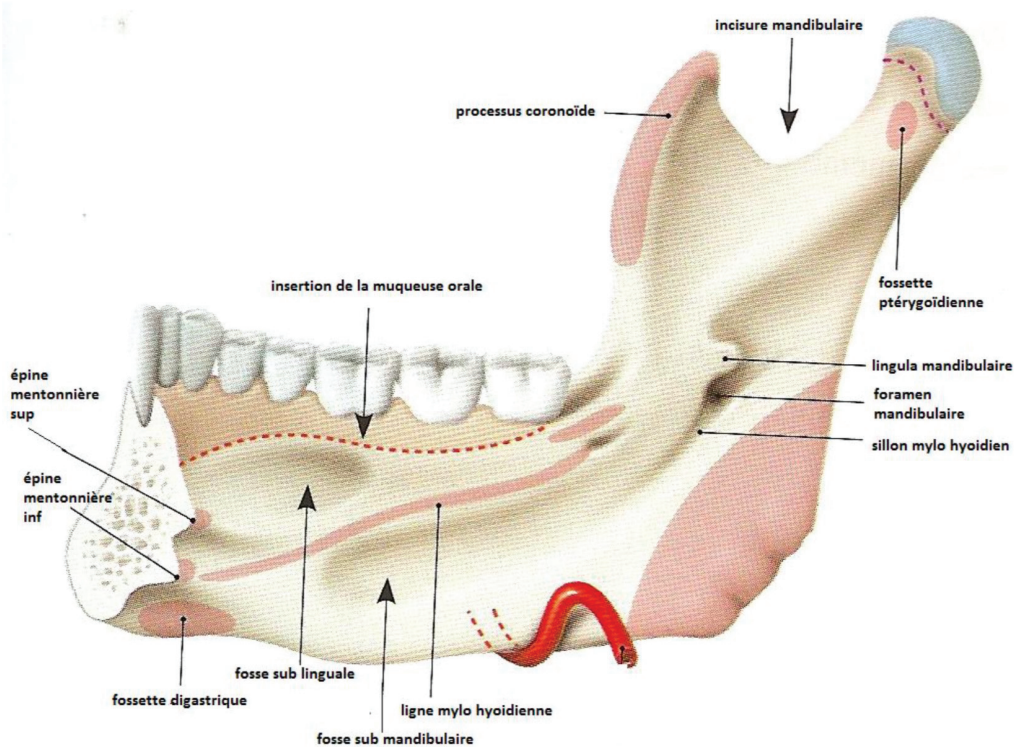


Figure 3 : Face interne du corps de la mandibule et de la branche montante, KAMINA P. Précis d'anatomie clinique tome II

Les branches montantes, parties verticales de la mandibule, de formes rectangulaires présentent deux faces et quatre bords :

- la face externe est principalement représentée par la tubérosité massétérique dans sa partie inférieure composée de lignes rugueuses répondant à l'insertion des fibres du muscle masséter (*Figure 2*) ;
- La face interne est composée du foramen mandibulaire dans lequel passent les vaisseaux et nerfs alvéolaires inférieurs, du sillon mylo-hyoïdien où chemine le nerf mylo-hyoïdien et de la tubérosité massétérique composée de rugosités donnant insertion au muscle Ptérygoïdien médial (*Figure 3*) ;
- Le bord supérieur est composé de deux saillies séparées par l'incisure mandibulaire : le processus coronoïde en avant donnant insertion au muscle temporal et le processus condylien en arrière. Ce même processus condylien, dont la tête est recouverte de fibro-cartilage, s'articule avec la fossette mandibulaire du temporal par l'intermédiaire du disque temporo-mandibulaire ;
- Le bord inférieur forme l'angle mandibulaire en continuité avec le corps ;
- le bord postérieur épais et arrondi qui est en rapport avec la glande parotide ;
- le bord antérieur tranchant en continuité avec la ligne oblique.

INNERVATION ET VASCULARISATION

Innervation : l'innervation de la mandibule est essentiellement assurée par le nerf mandibulaire V3, troisième et plus grosse branche nerveuse issue du nerf Trijumeau V. Ce nerf possède une branche principalement motrice antérieure et une branche principalement sensitive postérieure qui se séparent à la sortie du foramen ovale (*Figure 4*).

La branche antérieure se compose de quatre troncs qui innervent principalement des muscles masticateurs :

- le nerf Temporal profond moyen (muscle temporal) ;
- le tronc Temporo-massétérique (muscle Temporal, muscle masséter) ;
- le tronc Temporo-buccal (muscle Temporal, muscle ptérygoïdien latéral) ;
- le nerf Ptérygoïdien médial (muscle ptérygoïdien médial).

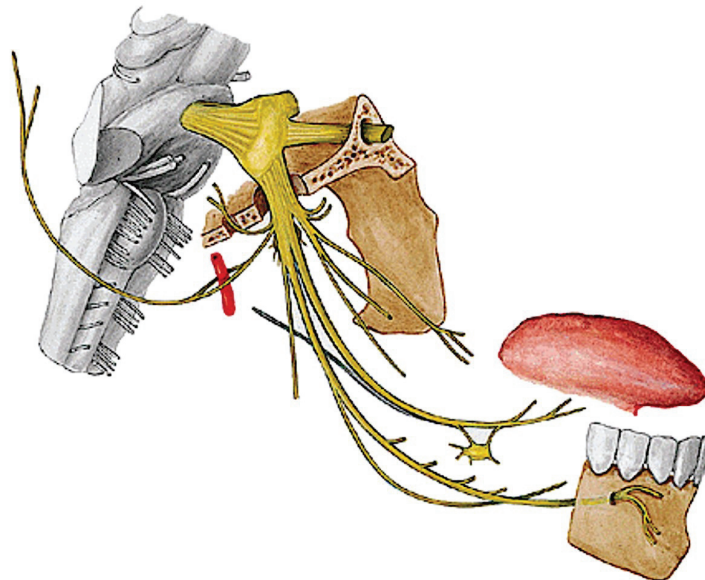


Figure 4 : Trajet des branches antérieure et postérieure du nerf mandibulaire. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1

La branche postérieure du nerf mandibulaire, donne quant à elle naissance à quatre nerfs distincts :

- le nerf auriculo-temporal innervant notamment l'articulation temporo-mandibulaire, la membrane du tympan et la glande parotide ;
- le nerf massétérique ;
- le nerf alvéolaire inférieur cheminant dans la mandibule pour innerver l'ensemble des alvéoles dentaires, il donne naissance au nerf mylo-hyoïdien avant son entrée dans le foramen mandibulaire puis au nerf mentonnier après sa sortie par le foramen mentonnier (*Figure 5*) ;
- le nerf lingual innervant les 2/3 antérieur de la langue, les glandes sous mandibulaire et sublinguale, la gencive des dents antérieures et la muqueuse du plancher oral.

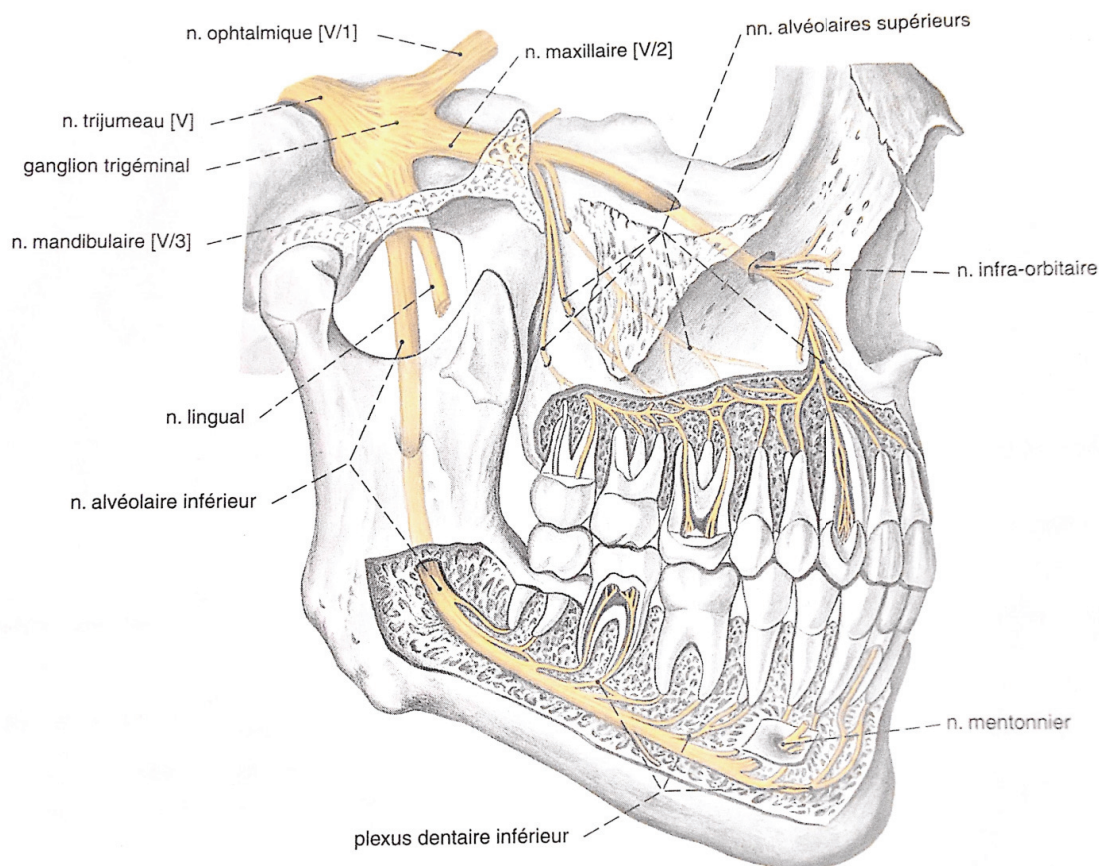


Figure 5 : Trajet des nerfs maxillaire et mandibulaire. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1

Vascularisation artérielle : La mandibule est essentiellement vascularisée par des rameaux de l'artère carotide externe. Cette vascularisation est réalisée par des apports externes et endo-osseux.

L'apport externe est produit par un réseau périosté externe et interne formé principalement par les artères linguale, faciale et sous mentale ainsi que par les artères ptérygoïdienne et masséterine issues de l'artère maxillaire. Une fois que les artères pénètrent dans la corticale, celles-ci se divisent en artérioles puis en capillaires.

L'apport interne est principalement permis par l'artère alvéolaire inférieure. Issue de l'artère maxillaire, elle suit le trajet du nerf alvéolaire inférieur dans le canal mandibulaire et assure la majorité de l'apport vasculaire mandibulaire. Cette vascularisation interne s'effectue également au niveau du condyle par l'artère condylienne. (Figure 6)

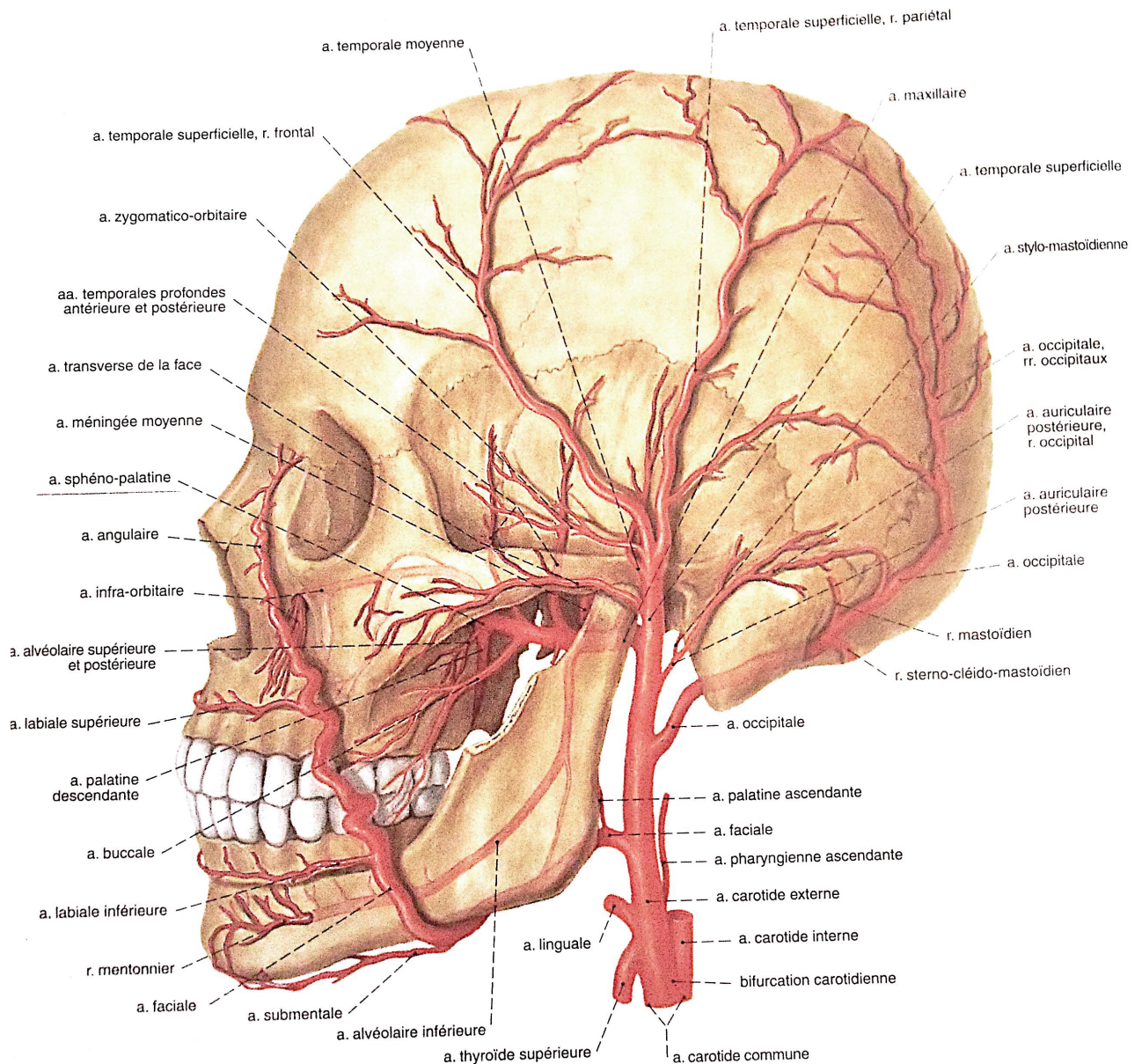


Figure 6 : Branches collatérales de l'artère carotide externe. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1

Système veineux : le retour veineux mandibulaire s'effectue en grande partie à travers les veines maxillaire et faciale qui se déversent dans les veines jugulaires interne et externe.

Le drainage lymphatique : le drainage lymphatique de la mandibule s'effectue au niveau de plusieurs centres de drainages lymphatiques qui se déversent tous au niveau des nœuds cervicaux profonds, il y a (Figure 7) :

- les lymphonœuds faciaux drainant la muqueuse buccale sur la face externe de la mandibule ;
- les lymphonœuds submentaux drainant la zone du menton, la partie antérieure du plancher, la pointe de la langue, les incisives mandibulaires et la gencive adjacente, ainsi que la lèvre inférieure ;
- les lymphonœuds submandibulaires drainant l'ensemble des dents mandibulaires et des tissus gingivaux, la partie postérieure du plancher buccal, les joues et la partie antérieure de la langue.

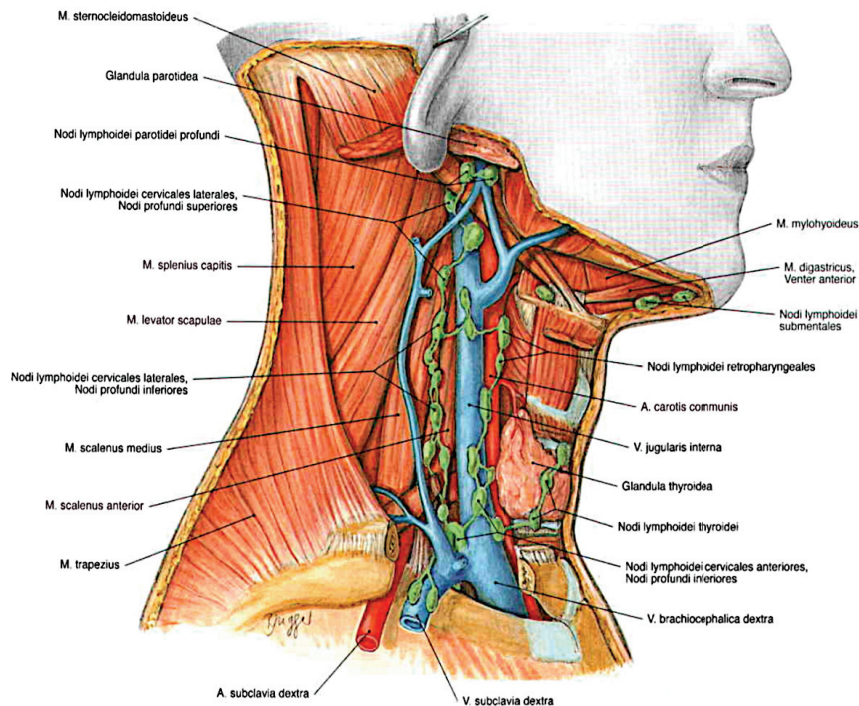


Figure 7 : Repères anatomiques des ganglions cervico-faciaux. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1

b. Architecture et biomécanique

La mandibule est constituée d'une masse osseuse spongieuse enveloppée de tissu compact, sa structure ressemble à celle d'un os long composée d'un canal médullaire comblé par un tissu aréolaire à trabécules épaisses.

Le corps de la mandibule a ses parois formées par une couche d'os compact d'une épaisseur semblable à celle de la diaphyse des os longs (environ 3 à 5mm sur le bord inférieur).

Le condyle est composé d'une masse spongieuse à travées verticales résistantes.

Le bord supérieur alvéolaire du corps de la mandibule a quant à lui une composition particulière résultant des pressions occlusales s'exerçant sur les dents. Il est formé d'un tissu spongieux avec un système trabéculaire dense entouré par une fine coque osseuse. L'os alvéolaire subit un remodelage constant en fonction des forces occlusales entraînant un alignement des travées osseuses afin d'offrir un maximum de résistances à ces forces. (Figure 8)

Pour STAPHN : « il arrive assez souvent que la radiographie ne montre pas nettement la crête alvéolaire, même en présence d'une corticale normale. C'est particulièrement fréquent au niveau de la région incisive inférieure, à cause de la finesse vestibulo-linguale des procès alvéolaires ».

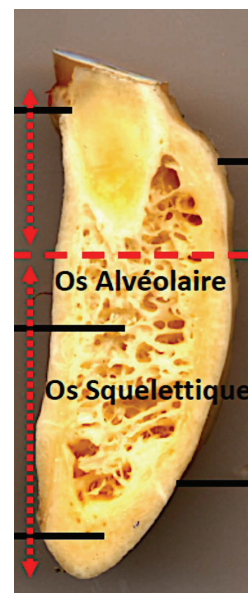


Figure 8 : Coupe frontale du corps de la mandibule

2) La fibula (Péroné) :

a. Organisation anatomique

La fibula est un os long et grêle faisant partie avec le tibia des os de la jambe. Elle s'étend du genou à la cheville et assure la stabilité de la cheville. Elle se situe latéralement et en arrière du tibia auquel elle est reliée par la syndesmose tibio-fibulaire dont fait partie la membrane interosseuse. Elle s'articule dans sa partie supérieure (tête de la fibula) avec le condyle latéral du tibia, sous l'articulation du genou, et dans sa partie inférieure (malléole latérale) avec le talus de la cheville. (*Figure 9*)

La fibula n'intervient pas dans la transmission des forces exercées lors des mouvements (marche, course, saut) qui sont en grande partie supportées par le tibia. C'est surtout un site d'insertions musculaires qui offre une fixation à huit muscles différents dans sa portion proximale et à un seul muscle dans sa portion distale.

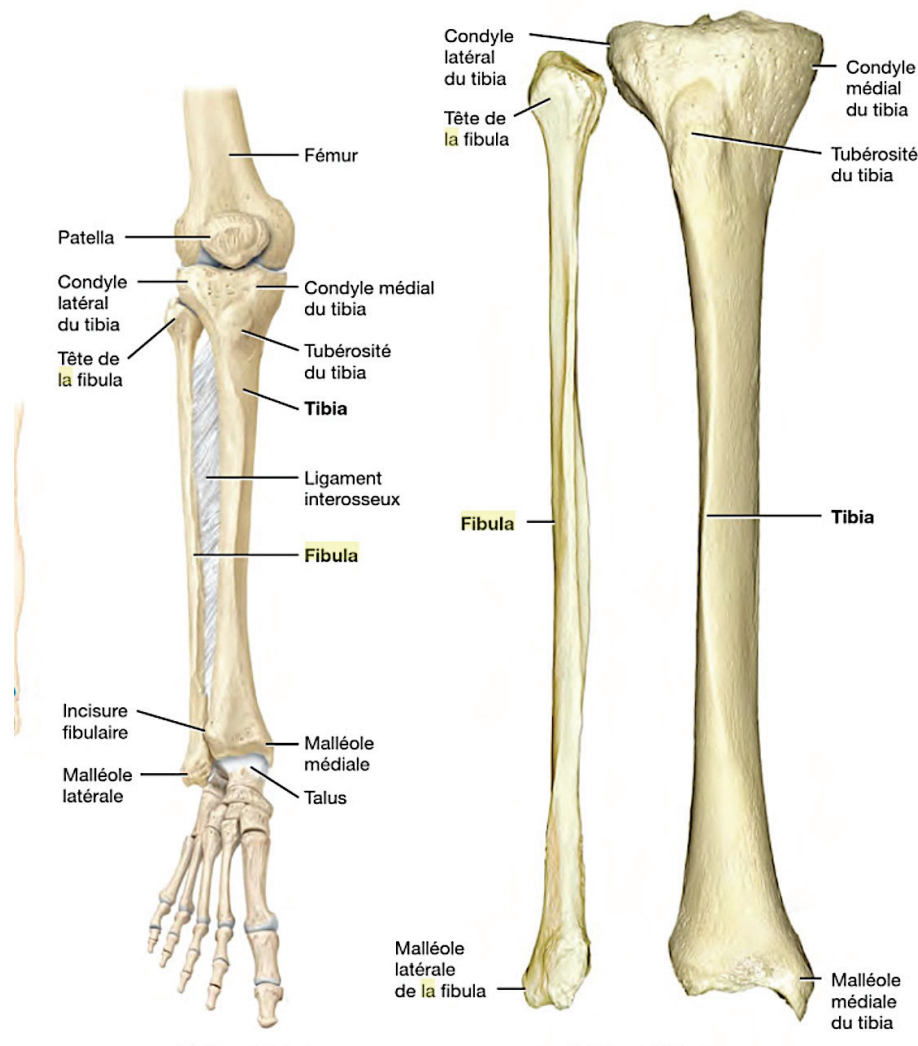


Figure 9 : Os du membre inférieur

INNERVATION ET VASCULARISATION

Vascularisation artérielle : la vascularisation artérielle de la fibula s'effectue au niveau de sa diaphyse et de son épiphyse supérieure (*Figure 10*) (1) :

- La vascularisation diaphysaire et des muscles adjacents est essentiellement assurée par l'artère péronière issue de l'artère poplitée après que celle-ci ait donné naissance à l'artère tibiale antérieure. Son trajet est oblique de haut en bas et de dedans en dehors. Ses rapports sont en avant le muscle jambier postérieur ainsi que la membrane inter-osseuse et en arrière le muscle soléaire et le bord interne du muscle fléchisseur péronier. Le nerf tibial la sépare de l'artère tibiale postérieure. L'artère péronière possède trois groupes de collatérales : les collatérales musculo-périostées postéro-externes, postéro-internes et diaphysaires nourricières ;

- la vascularisation de l'épiphyse supérieure dépend de six groupes artériels issus de l'artère poplitée et de l'artère tibiale antérieure. Ce sont les artères : articulaire inféro-externe, récurrente péronière antérieure, récurrente tibiale postérieure, récurrente péronière postérieure, la récurrente tibiale antérieure et la récurrente péronière interne.

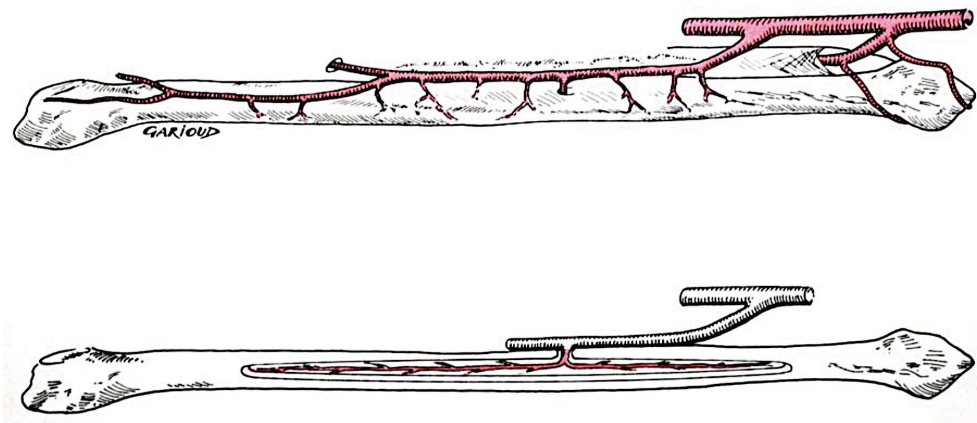


Figure 10 : Artère péronière

Innervation : Elle est assurée par le nerf fibulaire commun, branche terminale du nerf sciatique, il s'enroule autour du col puis se divise en nerf fibulaire profond et en nerf fibulaire superficiel.

b. Architecture et biomécanique

Le diamètre moyen de l'os de fibula est compris entre 12 et 15 mm ; sa tranche de section est plutôt de forme triangulaire comparé à la tranche de section ovoïde du corps mandibulaire. La conformation de cet os est dite bicorticale étant donné l'importance de son épaisseur corticale (3 à 4 mm d'épaisseur). Cette conformation laisse peu de place à l'os trabéculaire et englobe directement le canal médullaire.

II. LES PERTES DE SUBSTANCES MANDIBULAIRES

INTERRUPTICES FAISANT APPEL AU LAMBEAU LIBRE DE FIBULA

1) Étiologie

Les pertes de substances (PDS) mandibulaires résultent de dommages causés à la mandibule dont l'origine est multifactorielle. Elles sont fréquentes et engendrent des séquelles esthétiques et fonctionnelles lourdes.

Elles peuvent être non interruptrices, quand l'os basal se voit amputé d'une partie de sa composante mais conserve une continuité, ou bien interruptrices dans le cas où une exérèse complète de l'os basal s'avère nécessaire. Nous traiterons ici uniquement des pertes de substances mandibulaires interruptrices.

Parmi les étiologies entraînant une PDS mandibulaire, nous retrouvons :

a. Les lésions tumorales malignes (cancers)

Les lésions tumorales de la cavité buccale sont relativement fréquentes et occasionnent des PDS mandibulaires étendues ; elles représentent 19,95% des tumeurs ORL et 5 à 7% des tumeurs de l'organisme. Parmi elles les lésions tumorales malignes représentent l'étiologie la plus fréquente (27,12% des tumeurs mandibulaires) (2). Ce sont des tumeurs mal limitées, non encapsulées qui envahissent et détruisent les tissus environnants (tout d'abord les tissus d'origine, puis les tissus voisins et enfin ceux situés à distances par métastases). Leurs contours irréguliers rendent difficile l'exérèse qui devra être contrôlée par un examen extemporané.

Elles peuvent être classées en fonction du tissu affecté :

- Les tumeurs malignes épithéliales dites carcinomes, retrouvées notamment au niveau de l'épiderme (carcinomes épidermoïdes) et au niveau des glandes (adénocarcinomes).

La plupart des cancers des voies aéro-digestives supérieures (VADS) sont des carcinomes ; ils sont représentés à 90% par le carcinome épidermoïde. Cependant la mandibule n'est que rarement atteinte par une lésion intra-osseuse primitive carcinoïde (seulement 5% des cas, représentés par certaines tumeurs odontogènes). L'atteinte de la structure osseuse se fera principalement par extension de ces différentes tumeurs (*Figure 11*) ;

- Les tumeurs malignes conjonctives dites sarcomes : elles portent en préfixe le nom de leur tissu d'origine ; parmi elles nous retrouvons les ostéosarcomes (très fréquemment rencontrés à la mandibule), les chondrosarcomes, les fibrosarcomes, les liposarcomes et les myosarcomes.

Au niveau de la mandibule les signes de malignité observables dans les formes évoluées d'ostéosarcomes sont un remaniement osseux diffus sans limites nettes, une rupture de la corticales, la présence de plages d'ostéolyses et de condensations, un éperon périosté et l'image d'une ostéogénèse anarchique (*Figure 12*).

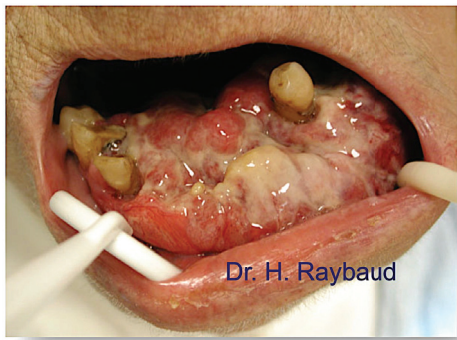
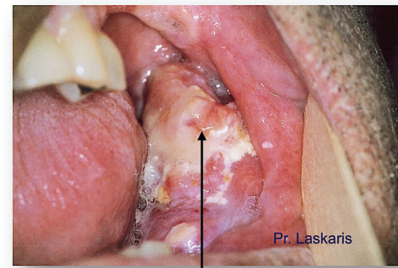


Figure 11 : Carcinome épidermoïde, image Dr. Raybaud



Tuméfaction osseuse au niveau de la mandibule

Figure 12 : Ostéosarcome, image Pr. Laskaris

Les facteurs de risques d'apparition des cancers des VADS sont :

- la consommation de Tabac et/ou d'Alcool ;
- la présence de Papillomavirus (HPV-16 et HPV-18) et Herpétiques (EBV) ainsi que du rétrovirus humain HTLV-1 et Hépatiques B et C ;
- une alimentation déséquilibrée, pauvre en fruit (carences en vitamines A et C) ;
- certaines prédispositions génétiques ;
- une inflammation chronique (candidose chronique, lichen plan érosif, etc) ;
- une mauvaise hygiène bucco-dentaire.
- une exposition importante aux radiations ;

b. Les lésions tumorales bénignes

Ce sont des tumeurs bien limitées, circonscrites, parfois entourées d'une capsule conjonctive densifiée, et nettement séparées des tissus voisins sains empêchant l'envahissement aux tissus environnants et facilitant l'exérèse complète des tumeurs sans risques de récives. Elles ne donnent jamais de métastases et restent limitées au tissu ou à l'organe qui leur a donné naissance. Les troubles de voisinages sont donc exclusivement provoqués par le développement volumique de la tumeur (parfois considérable) qui les refoule.

Il y a cependant des exceptions, certaines tumeurs bénignes peuvent être envahissantes et destructrices pour les tissus environnants comme l'améloblastome. (Figure 13)

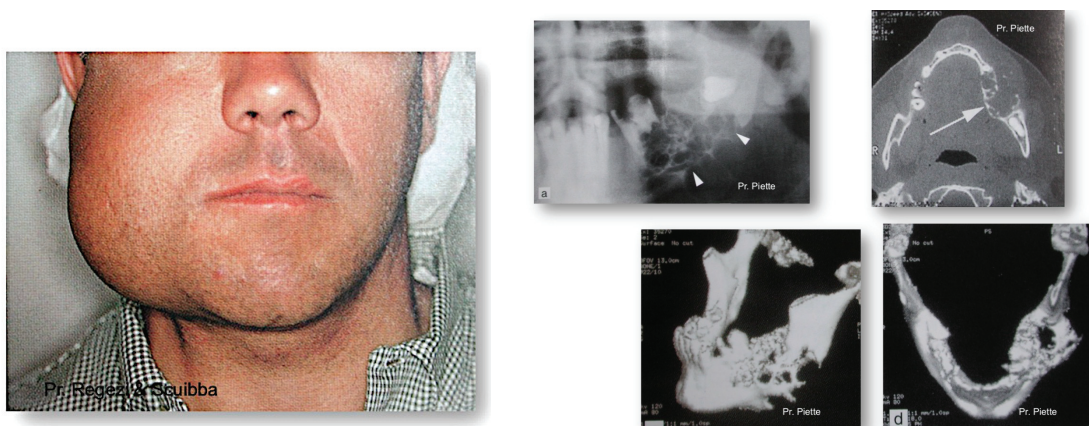


Figure 13 : Améloblastome, images des Pr. Regezi, Scuibba et Piette

Au niveau osseux, les lésions tumorales bénignes peuvent être classées en quatre grands groupes :

- les lésions fibro-ossifiantes, elles-mêmes divisées en 4 grands groupes selon la classification de la WHO qui fait actuellement référence (3) : la dysplasie fibreuse, le fibrome cémento-ossifiant, les dysplasies cémento-osseuses, et le cémentome gigantiforme ;
- les néoplasies osseuses (ostéome, ostéoblastome) ;
- l'hémangiome ;
- les tumeurs nerveuses (neurinomes).

Les tumeurs odontogènes sont quant à elles classées en fonction de leur composante proliférante :

- tumeurs épithéliales pures : améloblastomes, épithéliales calcifiantes, pavimenteuses, adénomatoïde et les kérato-kystes ;
- tumeurs ecto-mésenchymateuses : myxome odontogène, fibrome odontogène, cémentoblastome, et les tumeurs odontogènes à cellules granuleuses ;
- tumeurs mixtes épithélio-mésenchymateuses : fibrome améloblastique, fibro-odontome améloblastique, fibrosarcome améloblastique.

c. Origine traumatique

Les traumatismes entraînant une PDS mandibulaire peuvent être distingués en deux catégories :

- la traumatologie civile : les causes les plus fréquentes sont les accidents de la voie publique, les rixes, les accidents du sport et domestiques (5) ;
- la traumatologie balistique : elle concerne les tentatives d'autolyse et d'homicides. L'énergie dégagée par le projectile engendre des fractures complexes et multiples. Les PDS résultants de ces traumatismes sont toujours composites en incluant les revêtements cutanés et muqueux et leurs reconstructions sont des plus complexes (temps opératoires multiples, risque secondaire de nécrose des fragments) (6). (*Figure 14*)

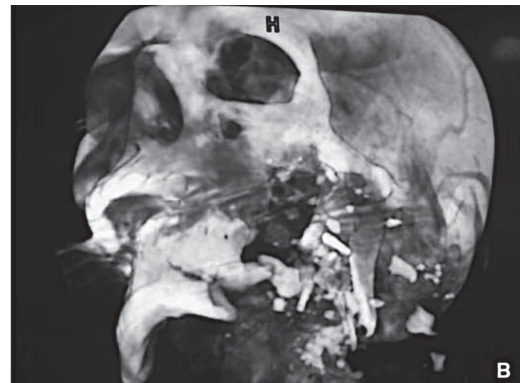


Figure 14 : Trauma balistique, tentative d'autolyse (4)

d. Origine toxi-infectieuse

Certaines PDS mandibulaires peuvent être occasionnées à la suite d'infections telles que les ostéites ou ostéomyélites qui engendrent des nécroses et la formation de séquestres osseux. Il s'agit généralement d'infections sur un terrain d'immunodépression : patients transplantés, diabétiques, hémodialysés, sous chimiothérapie ou bien atteints par le VIH au stade SIDA.

D'autres PDS mandibulaires peuvent, plus rarement résulter d'un traitement iatrogène. L'ostéonécrose de la mandibule est l'une des principales causes de pathologies iatrogènes pouvant entraîner des PDS. Elle peut être engendrée à la suite d'une radiothérapie lors d'une forte exposition aux rayons X ou après une chimiothérapie/traitement par bisphosphonates.

2) Classification des pertes de substances mandibulaires interruptrices

Les PDS mandibulaires font l'objet de plusieurs classifications. Celles-ci peuvent être classées en fonction de leur siège, de leur volume et des lésions tégumentaires et nerveuses associées. Elles sont la résultante d'une chirurgie d'exérèse qui peut être conservatrice de la mandibule (pelvimandibulectomie non interruptrice, voie d'abord par buccopharyngectomie transmandibulaire : BPTM), ou bien non conservatrice (BPTM avec sacrifice de la continuité mandibulaire, pelvimandibulectomie interruptrice). (7)

Nous nous intéresserons ici exclusivement aux classifications des PDS faisant suite à une chirurgie non conservatrice.

Parmi elles nous pouvons citer :

- la classification de David (1988) : c'est une classification anatomopathologique qui se décline selon six types de PDS correspondant essentiellement aux différentes circonstances de la chirurgie d'exérèse carcinologique traditionnelle. Cependant elle ne prend pas en compte les cas où le condyle peut être conservé (ce qui représente quatre autres cas) (8) (4)

(Figure 15) ;

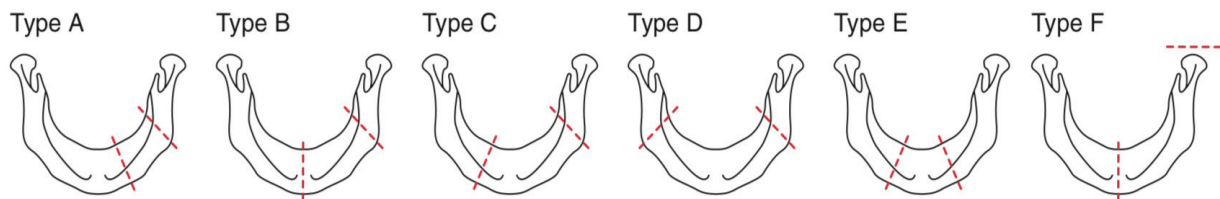


Figure 15 : Classification de David 1988 (4)

- la classification de Jewer et Boyd dite « HCL » (1989 modifiée en 1993 par Boyd en « HCL et oms ») : elle a pour particularité de refléter davantage la complexité de la reconstitution que la taille de la PDS osseuse. La modification de Boyd a permis à cette classification de prendre en compte tous les cas de pertes de substances d'une part et les cas ignorés de la classification de David d'autre part (9) (10) (Figure 16) ;

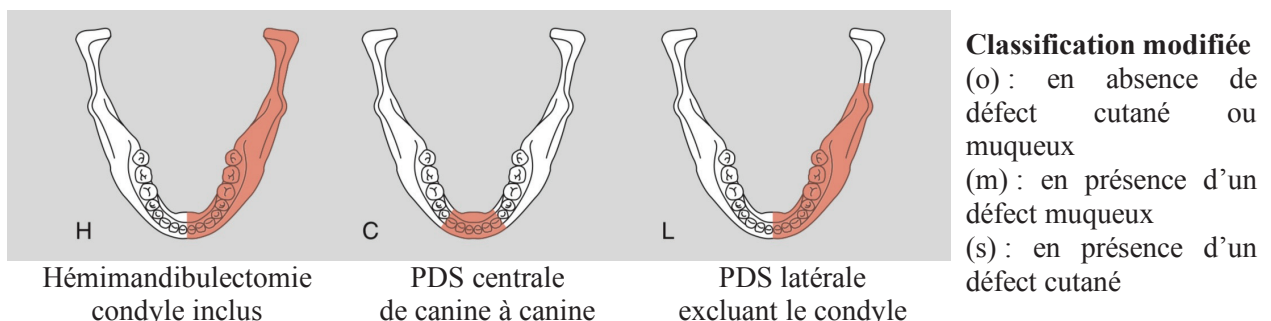


Figure 16 : Classification de Jewer et Boyd 1989, modifiée 1993 (4)

- la classification de la société française de chirurgie maxillo-faciale (1989) : Cette classification décrit quatre classes en fonction de la topographie de la PDS.

Type I : PDS antérieure segmentaire limitée au corpus

Type II : PDS latérale segmentaire respectant la région articulaire

Type III : PDS latérotérmale avec désarticulation pouvant s'étendre jusqu'à la ligne médiane

Type IV : PDS de la région articulaire

Elle est actuellement la plus utilisée en ce qui concerne les PDS mandibulaires interromptrices ;

- la classification d'Urken (1991) : elle décrit non seulement les PDS osseuses mais également des parties molles (muqueuses et cutanées) et nerveuses ;

- la classification de Cariou (1994) : elle permet de préciser les indications de reconstructions notamment avec un lambeau libre. Elle distingue cinq types de PDS mandibulaires selon leur localisation antérieure ou latérale et leur importance (11) (*Figure 17*).

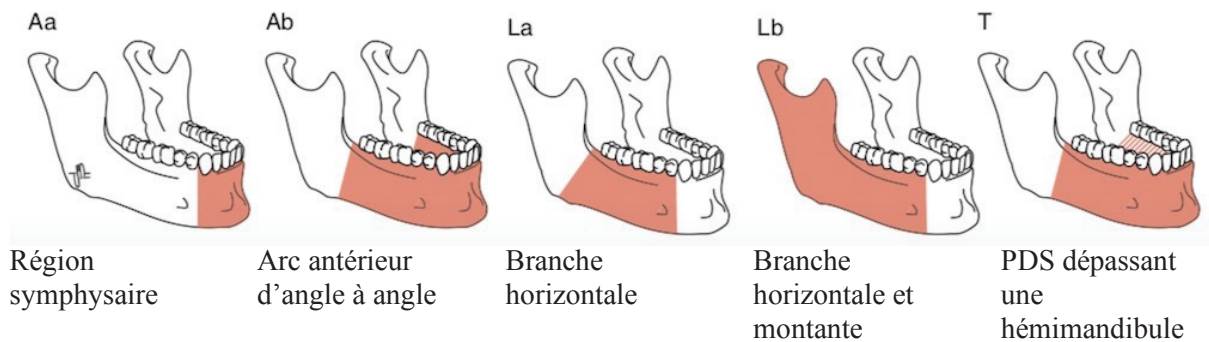


Figure 17 : Classification de Cariou 1994 (4)

3) Conséquences des pertes de substances

Les séquelles engendrées par les chirurgies d'exérèse et de reconstruction mandibulaire sont nombreuses et seront autant d'obstacles à franchir afin de parvenir à une réhabilitation prothétique satisfaisante. Les pertes de substances engendrées intéressent tous les plans de l'étage inférieur de la face aussi bien osseux, musculaires, dentaires, muqueux ou cutanés et leurs résultantes entraînent des conséquences multiples. De plus, lors de lésions tumorales malignes, les thérapeutiques carcinologiques peuvent être à l'origine de divers effets secondaires importants. (7)(12)

a. Liées à la chirurgie d'exérèse

- Conséquences morphologiques et esthétiques :

Les conséquences morphologiques de la chirurgie d'exérèse sont nombreuses et varient d'un cas à l'autre en fonction de la lésion présente. En l'absence de reconstruction la disparition du relief osseux entraîne une déformation du visage causée par l'aplasie des téguments en regard de la résection.

L'esthétique peut dès lors être fortement compromise par la présence de brides cicatricielles (anomalies de la cicatrisation qui intéressent la peau, les tissus sous-cutanés et muqueux) entraînant une asymétrie faciale pouvant elle-même être amplifiée par la présence d'une latérodéviation mandibulaire (si la résection est latérale) qui déportera le menton du côté de la résection et déformera le contour labial. De plus, l'atteinte de nerfs moteurs et sensitifs lors de l'exérèse peut avoir pour conséquence une diminution de la motricité de la lèvre inférieure ainsi qu'une perte de sensibilité engendrant un préjudice esthétique majeur.

- Conséquences fonctionnelles :

Les atteintes concernant la fonction après exérèse interruptrice de la mandibule sont nombreuses et plus ou moins invalidantes selon l'étendue de la résection. Elles peuvent toucher :

- *la ventilation*, par obstruction pharyngolaryngée de la langue lorsque l'exérèse concerne les structures de soutien du plancher buccal ;

- *la mastication*, causée en grande partie par des troubles de l'articulé dentaire faisant suite à une perte de substance dentaire (rôle prépondérant de la canine), la latérodéviation mandibulaire lors des résections des portions latérales ainsi que par le déséquilibre de la fonction musculaire entraînant des troubles de la cinématique mandibulaire.

L'une des incidences majeures de ces troubles de la mastication est la dénutrition du patient ;

- *la déglutition*, dont l'origine provient essentiellement de troubles articulaires et neuromusculaires, caractérisée par une difficulté de formation du bol alimentaire et par une incapacité d'obtenir une étanchéité de la cavité buccale ;

- *la phonation*, après la résection des muscles phonatoires à insertions mandibulaires stabilisants le larynx.

- Conséquences psycho-sociales :

Les mutilations engendrées ont un retentissement sur le psychisme et le comportement du malade, les conséquences esthétiques et fonctionnelles affectent sa vie de tous les jours ainsi que celle de son entourage d'où l'importance d'une reconstruction mandibulaire réalisée dans les plus brefs délais.

b. Liées à la chirurgie reconstructrice

La chirurgie reconstructrice des PDS mandibulaire par lambeau libre de fibula a pour avantage de reconstruire le profil anatomique de la mandibule. Cependant sa mise en place entraîne plusieurs conséquences locales tant au niveau du site donneur qu'au niveau du site receveur.

- Conséquences au niveau de la zone de prélèvement de la fibula :

Malgré sa fonction exclusive de soutien de la cheville, l'emploi d'un greffon de fibula n'en reste pas pour autant anodin et certains troubles liés à la chirurgie en résultent à savoir :

la présence de douleurs lors de la marche, une diminution de la force de flexion de l'hallus, une légère sensation d'instabilité de la cheville ainsi que la présence de cicatrices disgracieuses en regard de la zone de prélèvement. (13)

- Conséquences impactant le site receveur :

La mise en place du greffon à la place de la portion réséquée de la mandibule permet un comblement des pertes de substances grâce à l'apport de tissus osseux et muqueux. Cependant la nature même de ces tissus a plusieurs répercussions sur l'intégration du greffon par le patient ainsi que pour le praticien réalisant la réhabilitation prothético-implantaire. En effet de par son anatomie (fin et fragile), l'os fibulaire dispose de moins de hauteur disponible pour la mise en place d'implants dentaires que la mandibule obligeant ainsi le positionnement plus apical de ceux-ci par rapport au reste des dents. De plus, la présence de la palette cutanéotissulaire complique la réalisation de la prothèse supra implantaire du fait de son épaisseur importante. Plusieurs interventions secondaires devront alors être réalisées afin de permettre la réduction de celle-ci et la réalisation de la prothèse.

c. Liées aux traitements des lésions cancéreuses

- Conséquences de la radiothérapie

La radiothérapie est un outil thérapeutique indispensable utilisé après la chirurgie de résection chez les patients atteints de lésions malignes. Malheureusement l'utilisation de rayonnements ionisants sur les tissus sera à l'origine d'effets secondaires précoces et tardifs. Nous pouvons classer ces effets en fonction de leurs localisations anatomiques :

- au niveau des muqueuses la présence de radiomucites entraîne douleurs, dysphagie et ulcérations ;
- au niveau cutané des érythèmes, une disparition des follicules pileux et des plages de desquamation causant un prurit sont retrouvés ;
- au niveau des glandes salivaires la radiothérapie a essentiellement pour conséquence de diminuer voir de stopper la production de salive (xérostomie) ;
- indirectement au niveau dentaire nous observons la présence de caries serpiginieuses de la région cervicale causées par la xérostomie (14)(15) ;
- au niveau des muscles de l'appareil manducateur avec une limitation de l'ouverture buccale (trismus) ;
- Au niveau osseux avec notamment le risque d'ostéoradionécrose.

- Conséquences de la chimiothérapie

La chimiothérapie est le deuxième type de traitement proposé après la radiothérapie lors d'une thérapeutique antinéoplasique. Elle consiste en l'administration de substances cytotoxiques intervenant lors d'une phase précise du cycle cellulaire afin de bloquer la division des cellules tumorales.

Les effets indésirables engendrés par ces substances sont une immunodépression avec le risque infectieux secondaire et la survenue de mucites hyperalgiques entraînant une hygiène bucco-dentaire défailante. (16)

III. CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTÉE PAR

ORDINATEUR (CFAO)

1) Description

La conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) aussi appelée *computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM)* permet de réaliser une pièce réelle après l'avoir dessinée virtuellement. Ce procédé utilise les capacités de l'ordinateur afin de concevoir la pièce en 3 dimensions (3D) pour ensuite la fabriquer grâce à une machine (usineuse ou imprimante 3D).

Les objectifs de la CFAO sont d'obtenir une extrême précision, de réaliser un gain de temps dans la confection de la pièce, de minimiser l'intervention humaine et de permettre une reproduction à l'identique d'une même pièce.

Cette technologie qui a vu le jour dans les années 1970 s'adressait aux branches recherche et développement des entreprises afin de leur fournir, instantanément, des prototypes de leurs projets (*Rapid prototyping, RP*). Elle a permis un gain de temps et donc d'argent. (17)

Aujourd'hui, la CFAO est employée par les ingénieurs du monde entier dans tous les secteurs de l'industrie (aérospatiale, aéronautique, automobile, multimédia, textile) mais également dans l'urbanisme, l'architecture, le médical, l'art et bien d'autres domaines (18).

Pour chacun de ces secteurs d'activités, la CFAO inclut toujours deux étapes :

- la phase 1 : étape de conception numérique (modélisation 3D) de la pièce souhaitée (CAO).

Cette conception se fait à l'aide d'un logiciel de modélisation permettant la réalisation d'un fichier informatique de la pièce souhaitée dans ses moindres détails ;

- la deuxième phase : étape de fabrication de la pièce (FAO).

Elle consiste en une lecture du fichier du modèle 3D conçu lors de l'étape de CAO puis en l'exécution de sa fabrication par une machine. Cette fabrication de la pièce peut être réalisée soit par soustraction à partir d'un bloc qui sera taillé dans une usineuse soit par addition dans une imprimante 3D par l'assemblage de couches successives de matériaux. La méthode d'assemblage pourra différer en fonction du type de matériau employé. Par exemple si le matériau est de la résine, l'impression se fera selon le principe de la Stéréolithographie Apparatus (SLA) : faisceau laser qui va polymériser la résine couche par couche. (19)

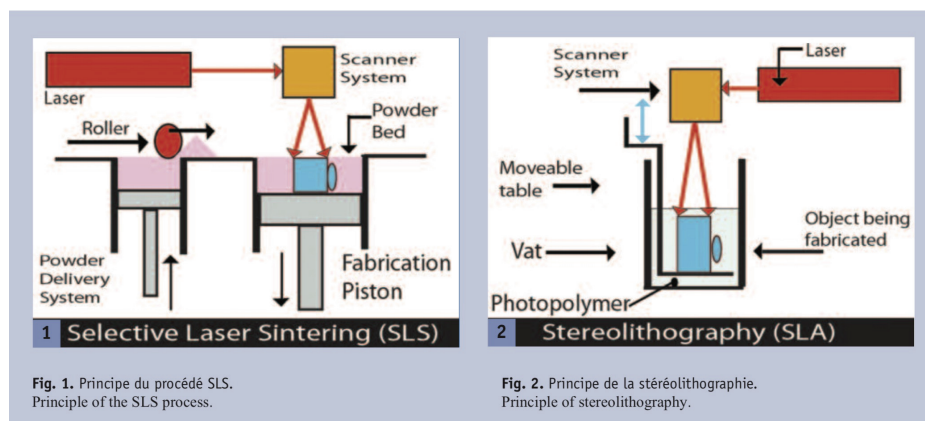


Figure 18 : Techniques d'impression 3D par SLS et SLA (20)

2) CFAO dans le domaine médical

Dans le domaine médical d'autres étapes peuvent s'avérer nécessaires lorsque les techniques de CFAO sont employées pour concevoir une pièce unique, adaptée à l'anatomie du patient.

Une pré-étape dite d'acquisition permet de rassembler numériquement les données anatomiques du patient qui serviront de support lors de l'étape de CAO. Cette phase d'acquisition peut se faire à l'aide de systèmes de mesures tels que la radiographie tridimensionnelle générant un ensemble d'images/coupes assemblées dans le format DICOM pour « *Digital Imaging and Communications in Medicine* » (Scanner, Cone Beam, IRM) ou bien par l'enregistrement d'images issues d'une caméra optique. (19)(21)

Une seconde étape faisant suite à l'acquisition a également toute son importance, cette étape est dite de segmentation. Elle permet quant à elle de supprimer les artéfacts produits lors de l'acquisition, de créer des « masques » 3D des différentes pièces anatomiques à partir de l'imagerie 3D, de les isoler entre elles, ainsi que de réaliser si nécessaire un « *Matching* des modèles » ; c'est-à-dire la superposition d'images issues d'une caméra 3D avec celles de la radiographie 3D. (22)

a. CFAO et intervention chirurgicale

Depuis la dépose des premiers brevets sur l'impression 3D dite additive en 1984 par les français Jean-Claude André, Olivier de Witte et Alain le Méhauté pour l'entreprise CILAS ALCATEL puis par l'américain Chuck Hull sur la technique de StéréoLithographie Apparatus (SLA) à l'origine du nom de l'extension du fichier d'impression .STL, l'impression 3D n'a cessé de repousser les limites de la chirurgie. (23)(24)

Aujourd'hui l'utilité de la CFAO en chirurgie est reconnue et les perspectives de traitements semblent infinies. Parmi les différents avantages apportés par cette technologie nous pouvons citer l'augmentation de la précision du geste chirurgical, l'amélioration des résultats post-opératoires ainsi que la possibilité de soigner des patients jusqu'alors dépourvus de solutions thérapeutiques.

Les possibilités apportées par la CFAO en chirurgie sont multiples, parmi elles nous retrouvons :

- la confection de guides chirurgicaux, permettant une précision millimétrée et un accompagnement du geste rendant celui-ci des plus aisés. Ces guides peuvent être à visée implantaire (mise en place avec précision d'implants dentaires dans un volume osseux définit) ou bien de découpe (découpe précise d'une pièce anatomique osseuse). (*Figures 19-20*)

Ces guides sont dans l'ensemble fabriqués suivant la technique de SLA. (20)(25)

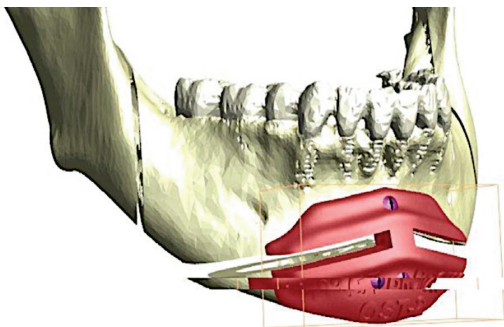


Figure 19 : Guide de découpe chirurgicale pour ostéotomie de soustraction mentonnière. (22)



Figure 20 : Guide de forage implantaire, SurgiGuide SimPlant®. (25)

- la réalisation de plaques d'ostéosynthèses personnalisées en titane de grade 2 fabriquées par addition suivant la technique de fusion sélective par laser d'un lit de poudre de titane (Selective laser melting, SLM). Ce procédé permet la fabrication d'éléments avec des propriétés mécaniques favorables à une implantation osseuse ainsi qu'à la fabrication d'un état de surface poreux facilitant l'ostéointégration. Ces plaques sont conçues en fonction de la planification du positionnement définitif des pièces squelettiques et de leurs anatomies. Leur utilisation permet un positionnement tridimensionnel final exact des pièces anatomiques et une diminution de la durée de l'intervention en supprimant la phase fastidieuse de plicature. (22)(26)(27)(28) (*Figure 21*)

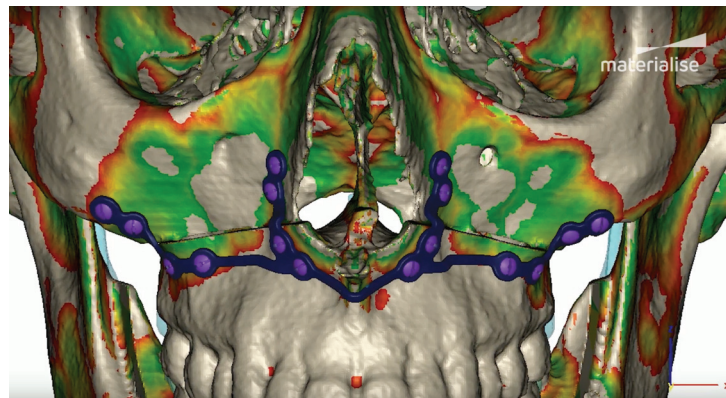


Figure 21 : Conception d'une plaque d'ostéosynthèse personnalisée, SympliciTi® Materialise (29)

- la confection d'implants personnalisés également composés d'un titane de grade 2 et fabriqué par SLM pour les mêmes raisons que celles des plaques d'ostéosynthèse. Il est toutefois à noter que les implants en polyéther-éther-kétone (PEEK) fabriqués selon la technique de frittage sélectif de laser (*Selective laser sintering, SLS*) peuvent, dans certaines conditions de PDS importantes, être également utilisés comme matériaux de substitution au titane. (*Figure 22*)

Ces implants ont révolutionné le monde de la chirurgie et notamment de la chirurgie maxillo-faciale de la région orbitaire et crânienne en permettant le remplacement de pièces squelettiques absentes lorsqu'aucun protocole de reconstruction par greffe osseuse ne le permettait. (27)(30)(31)(32)(33) (*Figure 23*)

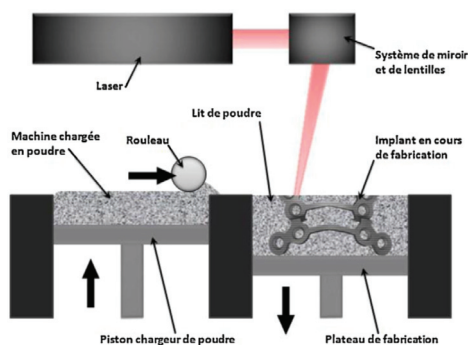


Figure 22 : Technique d'impression par fusion sélective de laser (SLM). (22)



Figure 23 : Implant en titane personnalisé infra-orbitaire, OBL Materialise. (34)

- la fabrication de modèles anatomiques (*Rapid prototyping*) répliqués à partir de radiographies 3D des organes à opérer. La réalisation de ces modèles peut se faire dans le matériau souhaité en fonction de la consistance réelle de l'organe scanné. Le rôle de ces modèles en 3D est double : ils permettent à la fois d'informer le patient sur sa pathologie et d'aider le chirurgien à planifier et s'entraîner dans des conditions réelles aux gestes qui devront être effectués lors de l'intervention. (35)(36) (*Figures 24-25-26*)

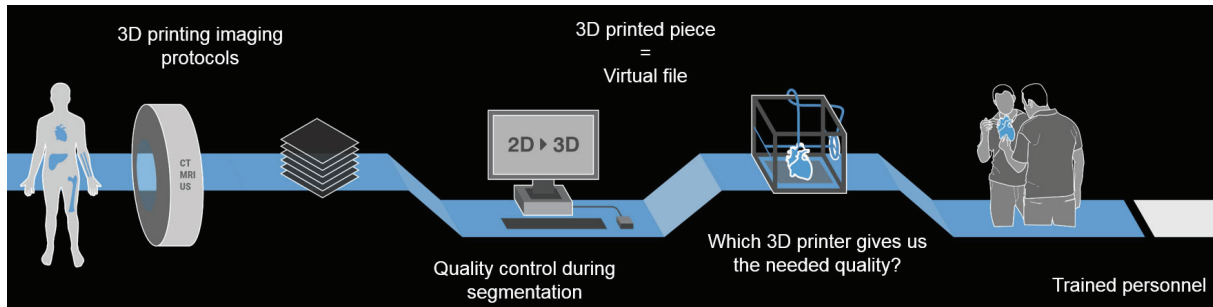


Figure 24 : Principe de fabrication d'une pièce anatomique par impression 3D, Materialise



Figure 26 : Rapid Prototyping d'une mandibule humaine. (36)



Figure 25 : Rapid Prototyping d'un cœur imprimé, Materialise.

b. CFAO, recherche et Bio-impression

La bio-impression est une application biomédicale des procédés de fabrication par addition permettant la production artificielle de tissus biologiques. La bio-impression peut être définie comme la structuration spatiale de cellules vivantes et de matrice extracellulaire (Bio-encre) selon une méthode de dépôt couche par couche assistée par ordinateur pour développer des tissus vivants et des organes (peau, os, etc).

Son domaine d'intervention est vaste. On la retrouve actuellement dans l'ingénierie tissulaire, la médecine régénérative, la pharmacocinétique et plus généralement la recherche en biologie. (*Figure 27*)

Les perspectives d'utilisation de ce procédé semblent infinies et en font un domaine d'avenir porteur d'espoir pour la science et la médecine de demain. Cependant les questions de morales et d'éthiques autour de ce nouveau procédé doivent absolument être mises en place.



Figure 27 : Cartilage d'oreille bio-imprimé par le Wake Forest Institute for Regenerative Medicine.

c. CFAO et réalisation de dispositifs médicaux prothétiques sur mesure

Les applications possibles de la CFAO sont vastes et répondent à de nombreux besoins dans l'industrie médicale et particulièrement celle de la prothèse.

Au début des années 80, la CFAO a fait son entrée dans le domaine médical via la conception et la fabrication de prothèses dentaires. Depuis, la CFAO n'a cessé d'évoluer et de se perfectionner dans le domaine de l'odontologie. Aujourd'hui, la CFAO a un champ d'action plus étendu et permet la réalisation de prothèses de différentes parties du corps, telles que le visage, les membres et les articulations. (21)(37)

Dans le secteur de l'odontologie, l'emploi de la CFAO peut être appliqué à la réalisation de prothèses fixes (unitaires ou plurales), de prothèses supra-implantaires, de prothèses amovibles, de gouttières et brackets en orthodontie. Pour chaque famille, les procédés de fabrication (FAO) diffèrent mais la réalisation 3D par soustraction demeure actuellement la plus utilisée (usinage de céramiques). (*Figure 28*)

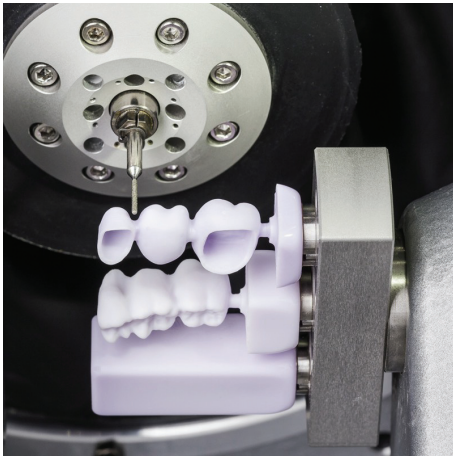


Figure 28 : Usinage de blocs en céramique



Figure 29 : Camera optique d'acquisition, Odeon® OPERA.

Les étapes d'acquisitions sont quant à elles principalement réalisées à l'aide d'un système de mesure de type caméra optique, qui fournira une empreinte dite « optique » des préparations réalisées en bouche. Cependant l'acquisition radiographique par tomographie 3D (cone beam) trouve tout son intérêt dans la réalisation de prothèses supra-implantaires lors de mise en charge immédiate. Cette mise en charge immédiate est permise grâce à un positionnement précis des implants dans l'os alvéolaire à travers un guide de forage implantaire décrit plus haut. (*Figures 29-30*)



Figure 30 : Empreinte optique des arcades dentaires en occlusion obtenue par la camera TRIOS® de 3Shape

La CFAO joue également un rôle de plus en plus important dans les reconstructions prothétiques maxillo-faciales. Elle permet :

- de combiner les avantages de la méthode traditionnelle en prothèse maxillo-faciale et le potentiel du prototypage rapide pour valoriser le temps et la qualité ;
- d'éviter la prise d'empreinte faciale parfois angoissante pour le patient, difficile pour le praticien et présentant parfois des risques de fuite de matériaux dans les cavités naturelles ;
- de proposer au patient différentes simulations de sa future épithèse afin qu'il puisse faire lui-même un choix, et notamment avec l'aide de son entourage.

Malheureusement ces prothèses en silicone ont une durée de vie limitée dans le temps. Il est désormais possible, grâce aux systèmes de sauvegarde, de réaliser de manière rapide une nouvelle prothèse à l'identique de la précédente avec un gain de temps non négligeable car les étapes préalables ne sont plus nécessaires. (19) (*Figure 31*)



Figure 31 : Prothèse maxillo-faciale (épithèse) réalisée avec assistance par ordinateur avant maquillage, Materialise. (38)

2^{ème} PARTIE :
RECONSTRUCTION
MANDIBULAIRE PAR
LAMBEAU LIBRE DE FIBULA
ET ASSISTANCE PAR
ORDINATEUR

I. UTILISATION DU LAMBEAU LIBRE DE FIBULA,

GÉNÉRALITÉS

1) Historique et évolution de la technique de reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula

Le lambeau libre revascularisé de fibula est utilisé lors de chirurgie reconstructrice étendue des os longs depuis 1975. On a longtemps cru que le promoteur de ce procédé était Taylor mais il semblerait que ce fut Ueba et Fujikawa qui utilisèrent pour la première fois un lambeau libre revascularisé de péroné. Cependant, de par ses travaux, Taylor a largement contribué à la popularisation de son utilisation pour les reconstructions des membres inférieurs. (39)(40)

La technique d'abord par voie latérale qui remplaça la voie d'abord initiale postérieure médiane fut quant à elle décrite en 1979 par Gilbert.

En 1982, Baudet et al décrivaient le lambeau composite associant péroné et muscle soléaire alors que Taylor publiait sa technique de reconstruction mandibulaire par lambeau libre composite ostéocutané de crête iliaque (41). L'année d'après Chen et Yan décrivaient à leur tour le lambeau composite ostéocutané de fibula.

En 1988, deux équipes américaines décrivirent le dédoublement du lambeau libre de péroné en deux barreaux vascularisés.

Mais c'est à partir de 1989, date à laquelle Hidalgo publia les résultats de ses travaux portant sur une série de 11 patients, que le lambeau libre de fibula commença à être utilisé lors des chirurgies reconstructrices mandibulaires. Les travaux qu'il publia par la suite permirent de faire de cette technique une technique de choix en matière de reconstruction mandibulaire de large étendue chez l'adulte. (42)(43)(44)

Enfin en 1993 le lambeau libre de fibula fut employé par Sadove pour une reconstruction simultanée du maxillaire et de la mandibule. (45)

Depuis, la technique d'utilisation du lambeau libre de fibula lors de reconstruction de l'étage inférieur de la face a été largement décrite et améliorée par différents auteurs notamment en ce qui concerne les apports des techniques de microvascularisation et de planification.

2) Objectifs de la reconstruction

Il est évident que le but de cette reconstruction est de corriger l'ensemble des conséquences amenées par l'exérèse chirurgicale de la tumeur tant sur les plans fonctionnel, esthétique que psychologique.

Compte tenu de la complexité de la forme, de la fonction mandibulaire et des particularités du traitement des lésions qui touchent le segment cervico-facial, il apparaît dès lors que la reconstruction anatomique de la mandibule constitue une tâche ardue pour le chirurgien.

En effet, en plus d'être responsable de l'esthétique du tiers inférieur de la face, celle-ci participe aux fonctions importantes que sont la phonation, la mastication et la déglutition.

La chirurgie de reconstruction mandibulaire présente ainsi de multiples objectifs à savoir (46):

- le rétablissement de la continuité osseuse mandibulaire ;
- une reconstitution du volume osseux et de l'arc mandibulaire ;
- permettre un espoir de réhabilitation dentaire ;
- conserver l'occlusion des dents restantes ;
- limiter les séquelles masticatoires, phonatoires et de déglutition.

Les principaux objectifs de la reconstruction mandibulaire restent cependant le rétablissement de la continuité osseuse afin d'éviter la latérodéviation de la portion mandibulaire restante ainsi que la réparation de la fonction masticatoire car la présence des dents améliore l'aspect fonctionnel comme l'aspect esthétique. Pour cela il est fondamental que les lambeaux osseux confectionnés offrent des conditions idéales à la mise en place d'implants ostéo-intégrés qui sont le recours le plus proche des dents naturelles et qui supportent les pressions masticatoires de manière équivalente. Ceci élimine les prothèses amovibles à appui muqueux peu confortables qui, très souvent, ne s'adaptent pas aux mandibules reconstruites.

Ainsi, par sa structure bicorticale uniformément vascularisée, le péroné apparaît comme la solution de choix à la mise en place d'implants dentaires. (47)(48)

3) Critères de choix d'utilisation d'un lambeau composite osteo-cutané fibulaire

a. Avantages

D'après l'analyse de la littérature, il semblerait que le lambeau libre de fibula représente actuellement le lambeau de choix pour la reconstruction des pertes de substance oromandibulaire. Cependant toutes les études ayant mentionnées cette technique étaient rétrospectives avec un faible niveau de preuve.

- Qualité anatomique du lambeau libre de fibula :

Concernant ses qualités intrinsèques le greffon de fibula possède plusieurs avantages :

- une longueur d'os importante, pouvant aller jusqu'à 25cm, qui permet la reconstruction de perte de grande étendue pour tout type de restaurations (48) ;
- un volume et une épaisseur adaptés à la reconstruction mandibulaire (46) ;
- une composition osseuse favorable, proche de celle de la mandibule, très corticalisée, propice à la mise en place d'implants dentaires ostéo-intégrés le rendant plus tolérant face aux traitements de chimiothérapie et de radiothérapie (49)(50) ;
- une forme droite hautement résistante à la torsion et la pression (51) ;
- une résorption osseuse proche de celle de la mandibule de 0,1mm/an (52) ;
- la possibilité de prélever un lambeau composite présentant une palette cutanée de bonne qualité pour réparer la perte de substance muqueuse ou cutanée associée (48) ;

De plus la richesse vasculaire, à la fois médullaire et périostée, de ce lambeau limite le risque de nécrose du greffon et améliore sa résistance face aux infections et traumatismes. (49)

- Utilisation chirurgicale et mise en place du greffon :

Le lambeau libre de fibula est le plus souvent employé pour les reconstructions mandibulaires car il est relativement simple à prélever. Il permet l'action simultanée de deux équipes lors des étapes de prélèvement du lambeau et de résection tumorale et ganglionnaire sans changement de la position opératoire. Le greffon de fibula permet également, par sa morphologie et sa très bonne vascularisation segmentaire en « barreaux d'échelle » la réalisation de nombreuses ostéotomies facilitant son modelage et donc son adaptation au site receveur. (47)(48)(53)

D'après une étude rétrospective sur 5 années portant sur la qualité des anastomoses de greffons de fibula et de crête iliaque, Müke et Coll ont conclu que la réalisation des anastomoses était plus facile à réaliser sur les greffons de fibula du fait de la longueur de son pédicule et du calibre artério veineux. (54)(55)

Concernant les tissus mous, en plus d'offrir une bonne hauteur de tissus, la palette cutanée est particulièrement modulable ce qui facilite son positionnement pour réparer les pertes de substances de tissus mous associées.

- Suites post-opératoires :

Comparé à d'autres types de lambeaux, le lambeau de fibula possède un avantage certain en ce qui concerne la morbidité post-opératoire des sites donneurs et receveurs.

Pour ce qui est du site donneur, mis-à-part les séquelles esthétiques, il ne subsiste que de rares séquelles fonctionnelles. Contrairement au tibia qui intervient presque exclusivement lors des mouvements de marche, de saut et de course, la fibula ne possède qu'un rôle de soutien de la cheville permettant au patient une reprise rapide post-opératoire de la marche (56).

b. Inconvénients, limites d'utilisation

Malgré ses atouts cliniques évidents, le lambeau composite ostéo-cutané de fibula possède plusieurs inconvénients relatifs à l'aspect morphologique de ses différentes composantes :

- sa portion osseuse : l'épaisseur de la diaphyse péronière laisse un décalage vertical important du niveau crestal entre les segments reconstruits et la mandibule résiduelle. Ce décalage est d'autant plus important et inesthétique chez le patient partiellement denté lors de reconstruction du segment antérieur (46)(57)(58). Ce différentiel de hauteur peut compromettre les réhabilitations prothétiques et implantaire dans les cas où le rapport couronne-implant serait défavorable (59)(60)(61). (*Figure 32*)

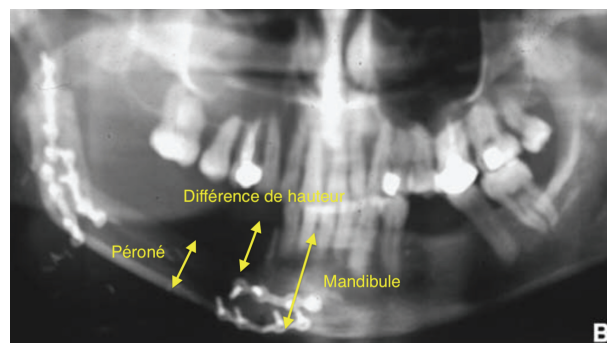


Figure 32 : Mise en évidence de la différence de hauteur entre la mandibule et la fibula

Afin de compenser ce décalage certains auteurs ont proposé un montage fibulaire en « double-barre » permettant ainsi le respect de la continuité osseuse (60). Cependant cette technique reste complexe à réaliser et limitée aux reconstructions inférieures à 14cm (60)(62)(63) ; (Figure 33)

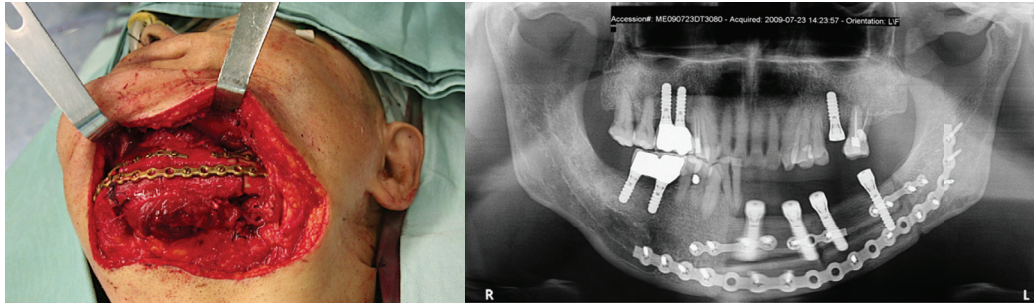


Figure 33 : Montage fibulaire en double barre (63)

- sa palette cutanée : sa mobilité et son épaisseur peuvent représenter un obstacle relatif à la prothèse amovible déjà compromise par l'absence de vestibule et de sillon glosso-pelvien. Son épaisseur complique également la réalisation secondaire de prothèses supra implantaires. (Figure 34)



Figure 34 : Palette cutanée épaisse et flottante avec implants, photographie site internet du Dr. J-F Garnier

La principale contre-indication au prélèvement est l'existence d'une artériopathie chronique des membres inférieurs fréquemment retrouvée chez les patients tabagiques mais également chez les diabétiques (48).

Afin de s'assurer d'une bonne perméabilité des vaisseaux, il est donc primordial d'effectuer une échographie Doppler au niveau des vaisseaux du cou et des membres inférieurs ainsi qu'une artériographie si nécessaire (64). Cependant la palpation clinique des pouls pédiex reste l'élément déterminant d'une bonne perméabilité.

4) Risques et effets indésirables liés à l'intervention

Comme pour toute intervention chirurgicale l'utilisation d'un lambeau libre de fibula inclus certains risques potentiels pour le patient. La balance bénéfique/risque devra alors être systématiquement étudiée avant toute intervention et le patient devra en être informé.

Les risques peuvent apparaître à deux moments du processus :

Lors de l'intervention, ce sont les risques opératoires, parmi eux nous pouvons citer :

- les risques généraux : hémorragiques, nerveux et anesthésiques qui peuvent être fatals ;
- les risques propres à la réalisation de l'acte :
 - une perte de la palette cutanée causée par l'absence ou le trajet aberrant des communicantes à destinée cutanée entraînant un prélèvement erroné de palette ;
 - un risque de non vascularisation du greffon après anastomose de celui-ci (thrombose veineuse ou artérielle) ;
 - l'obligation d'utiliser une greffe de peau simple pour remplacer la palette cutanée prélevée.

En post-opératoire, les risques rencontrés sont :

- la présence d'hématome cervical augmentant le risque de thrombose et de nécrose du greffon ;
- l'apparition infections et abcès post-opératoire ;
- les risques propres à toutes interventions de microchirurgies reconstructrices de longue durée, en partie liées au terrain du patient et au décubitus prolongé : œdème résiduel, thrombophlébite surale profonde, paralysie transitoire du nerf sciatique poplitée externe, rétraction du long fléchisseur propre du gros orteil, syndrome des loges, intolérance au froid, etc. (39)

Certains désordres transitoires de résolution en 3-4 jours post immobilisation peuvent apparaître tels que des douleurs, des faiblesses musculaires, une instabilité au niveau du genou ou de la cheville, ou bien, un engourdissement du pied. (59)

Les effets indésirables connus liés à l'utilisation d'un lambeau libre de fibula sont essentiellement d'ordre esthétique. Au niveau du site donneur, l'intervention engendre des séquelles liées à l'importance du volume tissulaire prélevé. Elles se manifestent par la présence de cicatrices et d'atrophie tissulaire en regard de la zone opérée. (*Figure 35*)



Figure 35 : Cicatrisation non satisfaisante du site donneur (65)

Concernant les suites post-opératoires immédiates, les patients doivent également être informés de la possibilité d'allongement de la durée d'alimentation entérale, d'une durée prolongée avant décanulation trachéale et d'hospitalisation de façon générale.

II. PLANIFICATION NUMÉRIQUE ASSOCIÉE À LA CFAO

1) Description du système OBL de Materialise et problématique

La reconstruction de la mandibule par lambeau libre de fibula est devenue une procédure courante pour certaines équipes de chirurgie ORL et maxillo-faciale à travers le monde, cependant son utilisation est limitée par son coût. Cette intervention a pour objectif la reconstruction de la mandibule, curviligne à géométrie complexe à partir d'un os fibulaire rectiligne.

De facto, la moindre imprécision lors de l'étape de remodelage fibulaire pourrait être à l'origine d'une altération du résultat morphologique mais également entraîner des dysfonctions mandibulaires et compromettre toute réhabilitation dentaire prothétique, but ultime de la reconstruction.

Pour toutes ces raisons, il apparaît que la réalisation précise des ostéotomies et le positionnement exact des pièces squelettiques libérées constituent l'une des préoccupations principales des chirurgiens.

Si les techniques classiques de reconstructions mandibulaires ont jusqu'à présent permis l'obtention de résultats morphologiques satisfaisants, celles-ci n'ont cependant pas permis la précision d'un remodelage fibulaire reproductible et propice aux exigences d'une réhabilitation dentaire de qualité.

L'essor du numérique et plus particulièrement dans le domaine médical des techniques de CFAO permettent la planification virtuelle des reconstructions mandibulaires par lambeau libre de fibula. Cette planification sera transférée au bloc opératoire au moyen de dispositifs sur-mesure tels que des guides de coupe mandibulaire et fibulaire, et rendra possible la réalisation de plaques d'ostéosynthèses personnalisées à partir de données intégralement dématérialisées.(66)

Dans le cadre de son protocole de reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula le Centre de Lutte Contre le Cancer Régional, Antoine-Lacassagne (CAL) a mis en place depuis 2014 au sein de l'Institut Universitaire de la Face et du Cou de Nice (IUFC), structure rattachée au Centre Hospitalier et Universitaire de Nice un partenariat avec la société OBL fabricant français d'implants pour la chirurgie maxillo-faciale, filiale du groupe Materialise, leader mondial de l'impression 3D.

La société OBL acquise par Materialise assure toutes les étapes de traitement des données recueillies à partir de l'imagerie médicale ainsi que les phases de conception et de fabrication des guides de coupes chirurgicaux et des plaques d'ostéosynthèses personnalisées, le tout en étroite collaboration avec les équipes chirurgicales. Le chirurgien devra néanmoins réaliser les étapes de planification des ostéotomies à l'aide d'un logiciel fourni par l'entreprise.

2) Intérêt et apport de la chirurgie assistée par ordinateur

a. Pour l'équipe chirurgicale

Depuis son introduction par Hidalgo en 1989, le modelage du lambeau fibulaire libre était de façon générale réalisée à main levée. Des résultats favorables ont alors pu être obtenus grâce à l'accumulation d'expériences et à la « compétence en sculpture » de certains praticiens. Cependant le processus n'en reste pas moins imprécis et sujet à erreur humaine.

Lors d'une reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula, l'ostéotomie de conformation fibulaire est considérée par de nombreux chirurgiens reconstructeurs comme l'une des étapes les plus difficiles et longues avec un temps opératoire moyen de 60 minutes. (67)

L'avènement de la planification chirurgicale assistée par ordinateur a permis l'apport de nombreux avantages aux équipes chirurgicales tant en termes de confort, de précision, de reproductibilité que de facilité dans la réalisation de gestes techniques initialement complexes. Dans les reconstructions mandibulaires par lambeau libre de fibula l'intérêt des techniques de modélisation tridimensionnelles prend tout son sens au cours des étapes pré et per-opératoires.

En pré-opératoire, les techniques de modélisation numérique permettent un gain de temps conséquent sur le temps opératoire grâce aux étapes de planification pré-interventionnelle. La simulation des ostéotomies associée aux calculs des portions de coupes se retrouvent grandement facilitées et permettent la réalisation précise d'un patron numérique mimant l'agencement tridimensionnel souhaité du lambeau. De plus, l'aide à l'exécution de la procédure rendue prévisible favorise le confort psychologique du chirurgien qui pourra analyser précisément la situation clinique et visualiser chacune des étapes nécessaires à la réalisation de la conformation souhaitée. (66)

En ce qui concerne l'intervention, plusieurs auteurs ont rapporté une diminution conséquente du temps opératoire (68)(69). Ce gain de temps peut à la fois s'expliquer par l'anticipation des gestes chirurgicaux rendu possible par la planification numérique pré-opératoire mais également par l'utilisation des dispositifs de transferts (66).

La réalisation des guides de coupes ajoutée à la confection de plaques d'ostéosynthèse préformées permet une suppression des étapes fastidieuses et stressantes pour le chirurgien que sont la réalisation des ostéotomies, la conformation et le positionnement du lambeau ainsi que la plicature des plaques d'ostéosynthèse.

De plus, l'exact positionnement du greffon, rendu possible par l'emploi de guides de coupes, démontre un gain de précision permis par le système. (*Figure 36*)

Le confort du chirurgien dans la réalisation de son travail, la réduction du stress du personnel soignant et la fluidité de l'intervention sont autant de points qui font que les techniques de chirurgie assistées par ordinateur améliorent le travail de l'équipe chirurgicale.

La planification numérique a également permis l'amélioration de divers matériaux tels que les plaques d'ostéosynthèse. Personnalisées et adaptées précisément à l'anatomie des pièces squelettiques, elles sont deux fois plus résistantes aux forces mécaniques que les plaques du commerce suivant la norme ISO5832.

Pour Philippe (22), les plaques d'ostéosynthèse préfabriquées présentent d'autres avantages :

- elles constituent un guide de forage idéal tenant compte de l'anatomie spécifique du patient tout en permettant une sécurisation des organes nobles du voisinage. Grâce au mode par transparence du logiciel il est de plus possible de choisir le meilleur positionnement des mini-vis en fonction de leurs rapports avec les structures anatomiques du voisinage ainsi que de l'épaisseur d'os ;
- elles permettent de diminuer la durée de l'intervention en supprimant la phase fastidieuse de plicature tandis que leur bon positionnement est assuré dès la première tentative. De ce fait, la flexion de la plaque est transformée en un événement pré-opératoire, assurant une économie précieuse du temps per-opératoire ;
- elles permettent une diminution des traumatismes de l'infrastructure osseuse par leur conception personnalisée.

Outre l'intérêt rencontré lors des phases de planifications et d'opération, le numérique possède un rôle pédagogique majeur permettant une réduction de la courbe d'apprentissage des chirurgiens dans la réalisation des ostéotomies et de la conformation du lambeau.

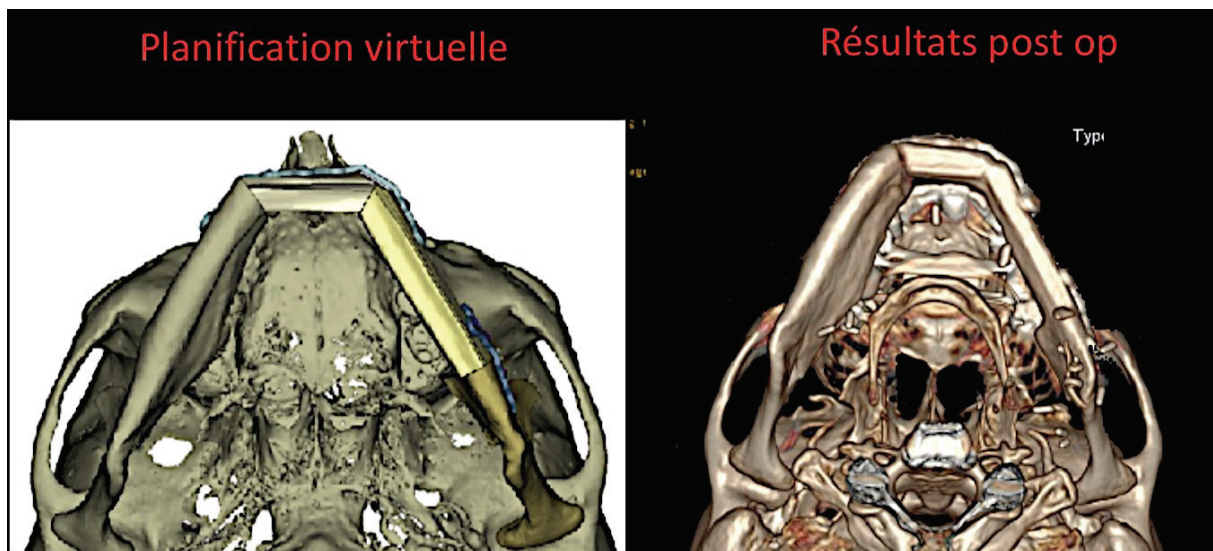


Figure 36 : Résultats morphologiques après assistance par ordinateur, O.Dassonville (70)

b. Pour le patient

Selon l'étude rétrospective comparative de Culié et al. (68) réalisée entre 2013 et 2014 à l'Institut Universitaire de la Face et du Cou de Nice portant sur une série de 29 cas opérés avec et sans planification numérique associée à la CFAO, il apparaît pour la population ayant bénéficié du protocole avec modélisation tridimensionnelle une réduction de la durée opératoire totale moyenne d'environ 35 minutes quel que soit le type de perte de substance mandibulaire. Néanmoins les auteurs ont conclu que cette différence constatée n'était pas statistiquement significative. Toutefois, dans leur étude portant sur une série de 38 patients, Hanasono et al. (69) rapportent également un gain moyen de 1,7 heures.

Cependant Culié et al. ainsi que Seruya et al. (71) décrivent une différence observée statistiquement significative de la diminution du temps d'ischémie du lambeau pour le groupe avec planification numérique quel que soit le type de perte de substance avec des durées moyennes diminuées de 50 à 75 minutes, durées d'autant plus importantes que la reconstruction est complexe. Ils accordent cette diminution du temps d'ischémie à l'utilisation des guides de coupes et des plaques d'ostéosynthèse préformées associée à la possibilité de conformer le lambeau alors qu'il est encore perfusé au niveau du site donneur ; chose très difficilement réalisable sans l'utilisation de guides. Le temps d'ischémie étant un facteur bien connu pour la survie d'un lambeau libre, les auteurs en concluent que la planification numérique associée à la CFAO pourrait participer à l'amélioration du taux de succès des lambeaux libres.

D'autres améliorations pour les patients peuvent être accordées à l'utilisation d'une modélisation 3D à savoir la restitution quasi ad integrum de la mandibule native et donc du profil esthétique du patient grâce aux techniques de « *Mirroring* » ou reconstruction en miroir. Le côté réséqué est remodelé à partir du côté sain, permettant une conformation harmonieuse du lambeau de fibula en adéquation avec la symétrie et l'ensemble des traits du visage du patient.

Enfin la planification dans le choix de l'emplacement des ostéotomies permet également une anticipation de la réhabilitation dentaire du patient, but ultime de la reconstruction mandibulaire. En effet, cette planification autorise désormais, au cours de l'intervention, une réhabilitation implantaire dans le transplant de fibula permettant une accélération de la prise en charge du patient. Ces nouvelles perspectives de réhabilitation seront détaillées plus loin.

3) Les étapes de la planification numérique à la réalisation de dispositifs sur-mesure (66)(22)

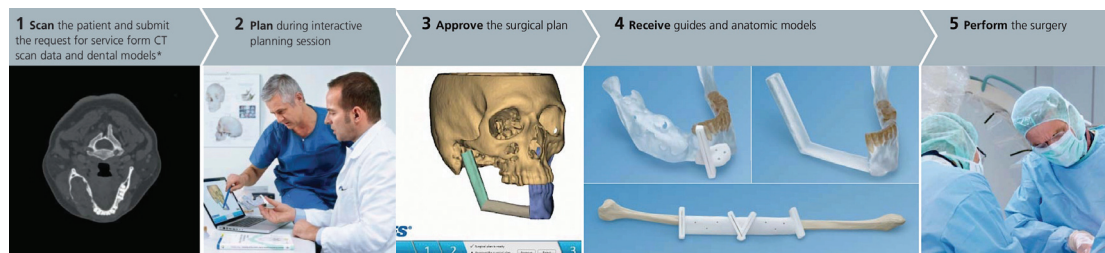


Figure 37 : Procédure ProPlan CMF®, Materialise

a. Premières étapes : Acquisition des images et segmentation des données

La première étape de planification numérique concerne le regroupement des données radiographiques initiales du patient et l'organisation de celles-ci dans le logiciel.

La phase 1 dite d'acquisition des données a pour objectif d'enregistrer les images issues de l'imagerie médicale (format DICOM) dans la base de travail numérique. Elles proviennent des coupes de scanner de la mandibule réalisées au cours de la phase diagnostique et de l'angioscanner des membres inférieurs nécessaire à l'exploration de la perméabilité des axes vasculaires. (*Figure 38*)

La construction du modèle crânio-facial nécessite un champ d'acquisition suffisamment large à la mandibule incluant les articulations temporo-mandibulaires lorsque celle-ci est en occlusion et de disposer de coupes axiales fines, d'épaisseur allant de 0,4 à 0,7 mm, nécessaires à la réalisation précise du modèle numérique. Optionnellement, il est possible d'étayer la réalisation du modèle numérique par l'ajout d'une empreinte optique dentaire et des tissus mous structurels de la face grâce à la modélisation du visage par une caméra 3D.

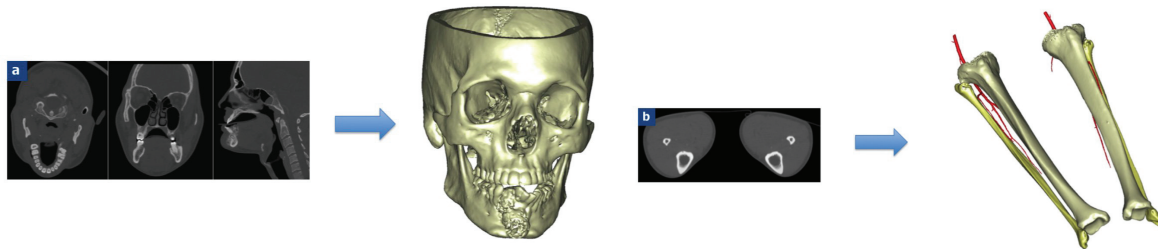


Figure 38 : Acquisition et segmentation mandibulaire et fibulaire (66)

Une fois ces données recueillies, commence la phase de segmentation. Celle-ci concerne les étapes d'importations des données dans le logiciel ProPlan CMF® (Materialise, Louvain, Belgique) au format .STL et leur traitement dans le but d'obtenir et d'isoler les objets d'intérêts (mandibule et fibula associée aux axes artériels des membres inférieurs).

Cette phase de segmentation comporte plusieurs étapes successives effectuées par les ingénieurs et techniciens biomédicaux :

- la phase de segmentation pure : elle comprend une phase de suppression des artéfacts provenant des corps étrangers métalliques sur chacune des images ; une phase de création des « masques » consistant à la création « d'objets 3D » (mandibule, massif crânio-facial, gencive, dents, enveloppe cutanée, réseau artériel, etc) ; et d'une phase d'isolement de ces structures entre elles. Pour faciliter la manipulation du modèle, la position du pédicule vasculaire par rapport à la fibula est repérée grâce à deux encoches longitudinales de part et d'autre de ce dernier.
- la phase de *Matching* des modèles (Optionnelle) : elle permet la superposition parfaite des images issues d'une empreinte optique des arcades dentaires et/ou d'une modélisation 3D du visage avec l'imagerie 3D.

À la fin de ces étapes, le chirurgien peut déjà demander la réalisation par prototypage rapide de la mandibule atteinte pour visualisation à taille réelle de la zone à résecter.

b. Deuxième étape : planification numérique de résection et de reconstruction

- Cas de résection associée à une reconstruction :

À partir du modèle mandibulaire numérique, le chirurgien va pouvoir commencer sa planification opératoire. Elle débute par l'isolement de la mandibule et par la visualisation de la portion atteinte (dimension, emplacement exact, consistance, etc) puis se poursuit par la réalisation virtuelle de la résection osseuse envisagée. Celle-ci sera matérialisée dans le logiciel par des plans d'ostéotomies. (*Figure 39*)

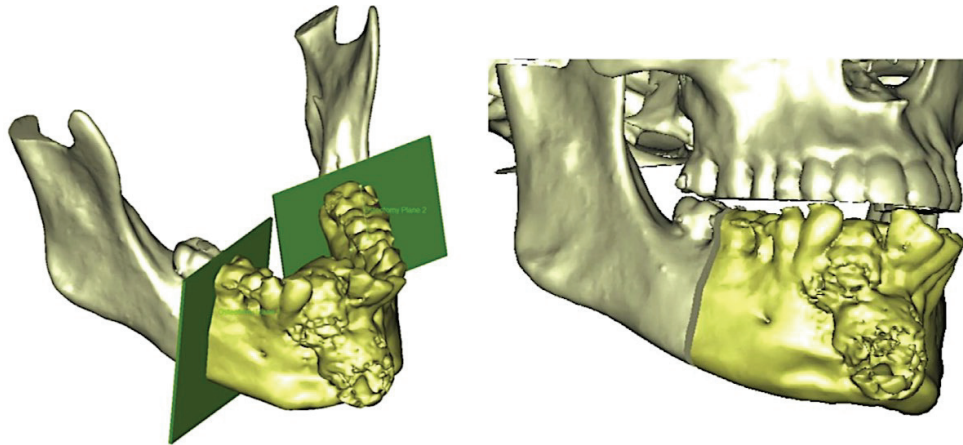


Figure 39 : Planification des zones d'ostéotomies mandibulaires (66)

Passé cette étape le chirurgien pourra sélectionner et isoler dans le logiciel l'os de fibula qui sera employé pour la reconstruction de la perte de substance mandibulaire et qui répondra aux critères de choix d'exploitation d'un lambeau libre de fibula. (Figure 40)

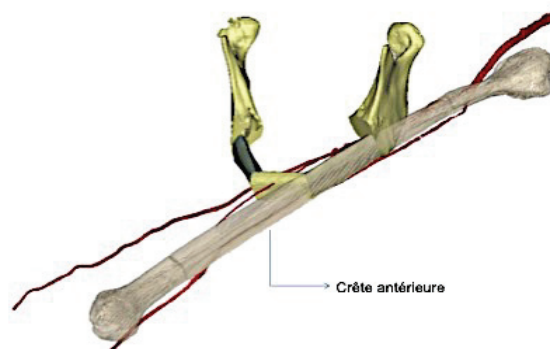


Figure 40 : Choix de l'os de fibula à employer (70)

La fibula choisie sera alors synchronisée avec le projet de résection mandibulaire ; le logiciel calcul automatiquement les angles de coupes et les résections cunéiformes à réaliser dans la fibula pour obtenir la meilleure conformation possible grâce à un algorithme prenant en compte la longueur exacte de la portion mandibulaire résecquée ainsi que son positionnement tridimensionnel. (Figures 41-42)

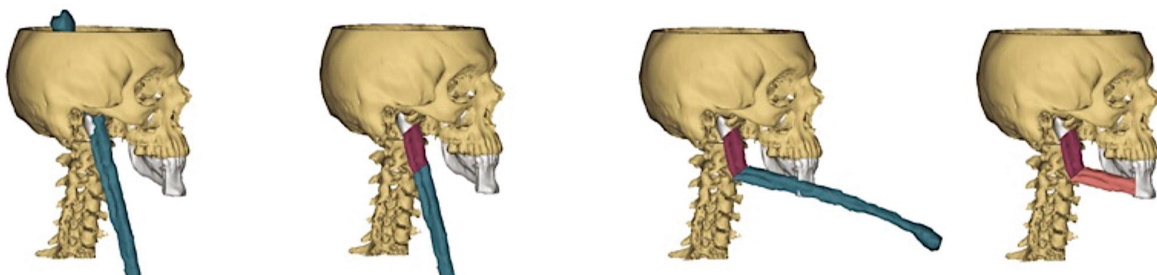


Figure 41 : Conformation numérique de fibula (72)

Un modèle de reconstruction correspondant à la trajectoire indiquée sera alors proposé et ajustable si besoin par le chirurgien qui pourra déplacer les segments fibulaires en translation et en rotation afin d'ajuster le positionnement du pédicule vasculaire ou de modifier à postériori la trajectoire linéaire de la reconstruction.

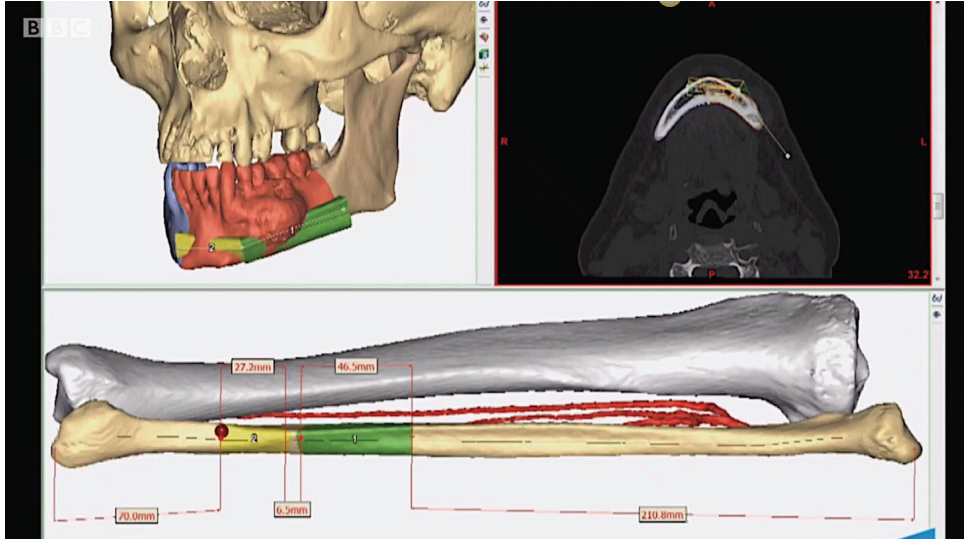


Figure 42 : Synchronisation résection mandibulaire et résection fibulaire (73)

Chaque modification apportée à la modélisation de la zone à réséquer et de la reconstruction entrainera un nouveau calcul en temps réel des angles de coupes fibulaires.

- Cas d'une reconstruction secondaire à une résection antérieure avec absence de l'anatomie mandibulaire initiale :

Lorsqu'une reconstruction mandibulaire est prévue chez un patient ayant subi une résection mandibulaire antérieure, en plus de la perte de géométrie de la partie réséquée, la position du segment restant est dans la plupart des cas déplacé du fait de la latérodéviatio. Une correction numérique à partir du logiciel devra alors être réalisée pour permettre un remplacement des deux portions dans leur position d'origine. (Figures 43-44)

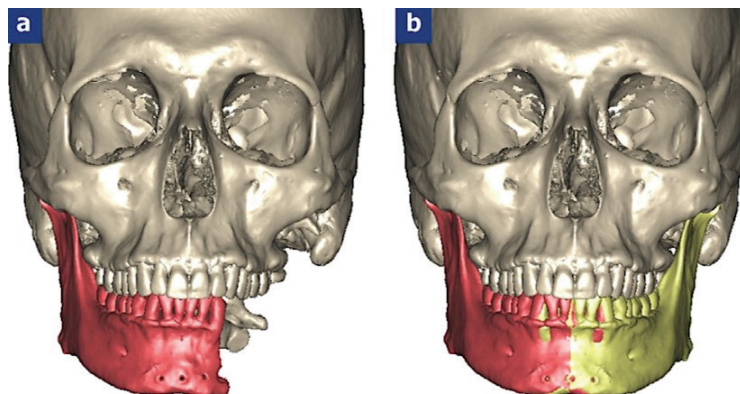


Figure 43 : Modélisation de l'hémimandibule manquante par "Mirroring" (66)

Pour remédier à cela, une étape de repositionnement du segment présent par rotation autour du condyle et de reconstruction numérique du segment absent pourra être préalablement permise par le logiciel. Cette portion manquante de la mandibule sera ensuite reconstruite par réflexion de l'objet correspondant à la portion restante puis repositionnée selon le nouveau plan de symétrie déterminé grâce aux techniques de « *Mirroring* ». Le chirurgien pourra alors commencer les étapes de planification de la conformation fibulaire décrite précédemment.

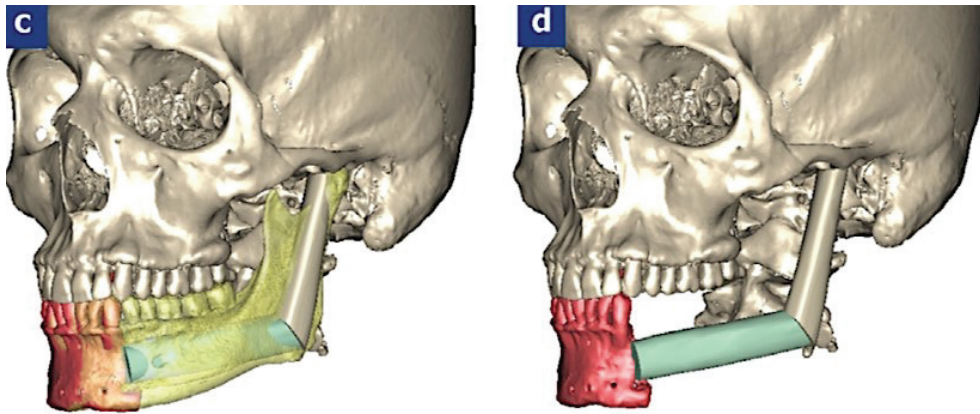


Figure 44 : *Mirroring* associé à la conformation fibulaire (66)

- Cas d'une reconstruction associée à une implantation immédiate :

Lorsque les conditions sont favorables, une mise en place des implants dentaires dans le greffon de fibula réséqué pourra être planifié puis réalisé dans le même temps opératoire que la greffe. En effet, la prévisibilité de la conformation du greffon permet de prévoir d'emblée une reconstruction prothétique implantaire fiable. (Figure 45)

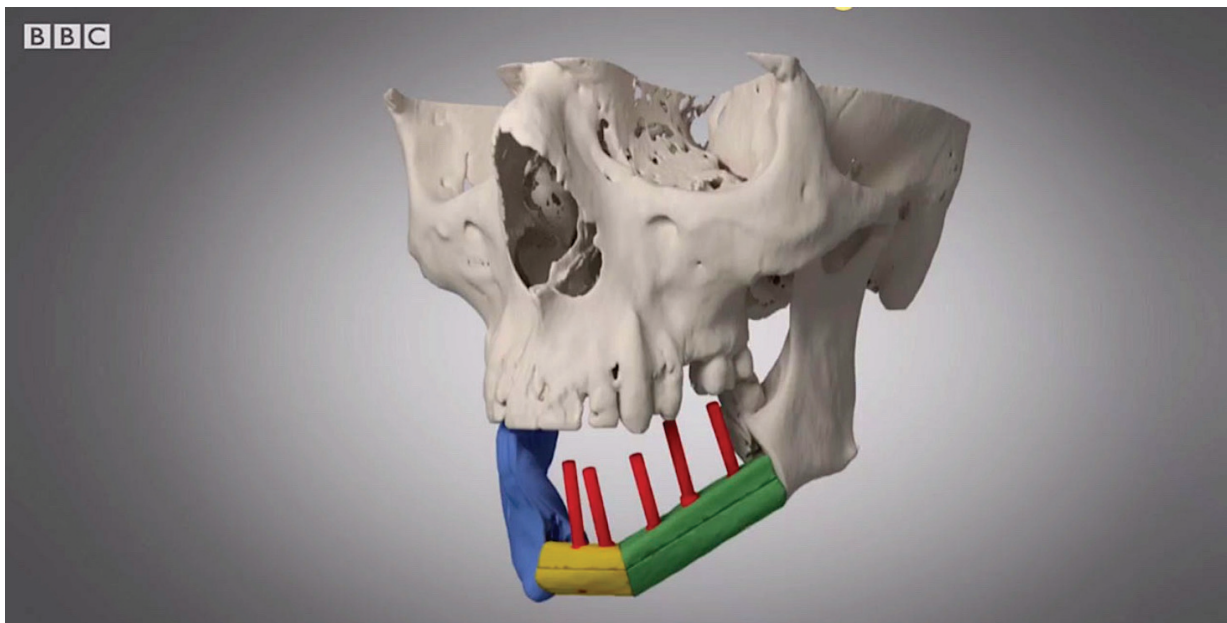


Figure 45 : *Reconstruction avec planification implantaire* (73)

Lorsque l'indication implantaire sera retenue, le projet de reconstruction prothétique deviendra alors le point de départ de la reconstruction osseuse sous-jacente. La mise en place virtuelle des implants devra être réalisée en fonction des repères occlusaux antagonistes et de la prothèse qui sera soutenue. Ces implants serviront alors de tuteur à la conformation fibulaire qui sera tracée de manière à rejoindre les extrémités de la résection mandibulaire tout en passant par les implants dentaires. (*Figure 46*)

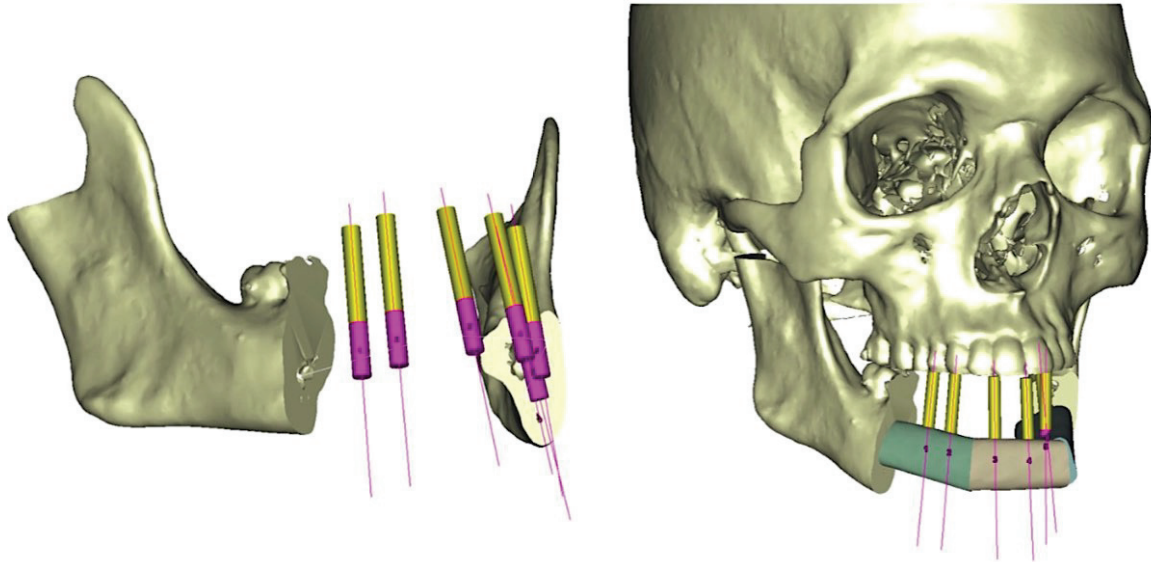


Figure 46 : Conformation fibulaire en fonction de la réhabilitation implantaire (66)

Le guide de coupe fibulaire devra intégrer des puits de forages implantaires dans sa structure qui permettront au chirurgien un positionnement implantaire proche de la planification. Il est toutefois à noter que le système actuel ne permet pas la mise en place d'implant selon un axe de forage et d'enfoncement précis mais juste le pointage des zones à implanter à travers le greffon. Une alternative plus précise sera abordée et proposée dans le **V** et la **3^{ème} partie**.

c. Troisième étape : CFAO

• Conception et fabrication des guides de coupes

Une fois que la réalisation des ostéotomies virtuelles est terminée, le chirurgien transfère ses fichiers au format .STL sur le serveur de l'ingénieur biomédical (OBL, Chatillon, France) qui dessinera les guides de coupes sous la supervision du chirurgien à l'aide du logiciel 3-matic®.

Plusieurs critères doivent être pris en compte pour la confection d'un guide de coupe :

- sa taille, qui doit être la plus fine possible tout en restant solide ;
- ses contours doivent être arrondis afin de ne pas agripper les tissus mous du voisinage
- sa forme doit épouser le squelette avec précision ;
- il doit assurer une stabilité une fois positionné ;
- il ne doit pas comprimer les organes du voisinage ;
- son dessin doit faciliter la réalisation de l'ostéotomie, et, permettre le pointage de l'emplacement des vis d'ostéosynthèse et des implants dentaires ;
- sa composition permet une stérilisation préopératoire à l'autoclave.

À la mandibule, les guides seront conçus en appui au niveau des différentes saillies du bord inférieur de la mandibule que sont l'angle mandibulaire et la symphyse mentonnière afin de leur permettre une meilleure stabilité. Les zones d'ostéotomies pourront alors se trouver en antérieur, en postérieur ou bien au centre du guide. (Figure 47)

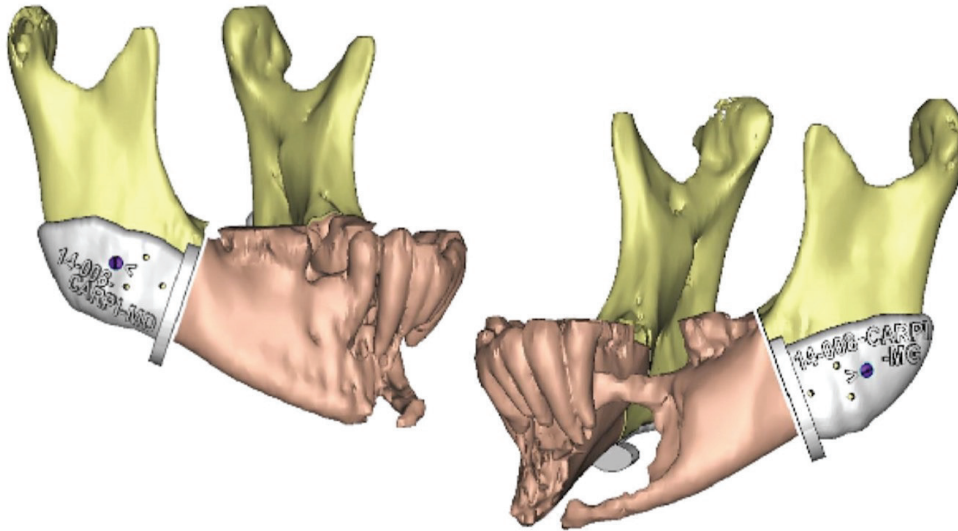


Figure 47 : Guides de coupes mandibulaire, Materialise. Image Dr. O. Dassonville

À la fibula, le guide de coupe est conçu avec des pontiques faisant le lien entre les différentes zones d'ostéotomies. Ces pontiques peuvent être déplacés en fonction de l'emplacement des zones de forages des minivis d'ostéosynthèses ou bien de forages implantaires. (Figure 48)

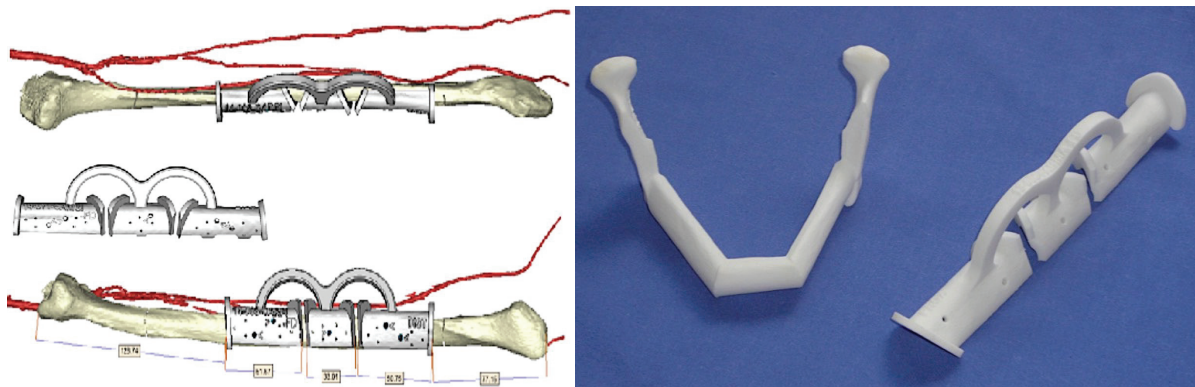


Figure 48 : Guide de coupe fibulaire et modèle stéréolithographique du projet de reconstruction (66)

Une fois l'étape de conception terminée, le technicien exporte à l'impression le fichier .STL de son projet.

Les guides seront élaborés à base de résine de polyamide stérilisable selon les procédés de StéréoLitographie. La StéréoLithographie est une technologie laser qui utilise une résine liquide sensible aux UV. Un faisceau laser UV scanne la surface de la résine, durcit le matériau sur une section du produit et crée la pièce en 3D de bas en haut. Les pièces étant construites dans un bain liquide, elles nécessitent des supports qui sont automatiquement générés par le logiciel et retirés manuellement par la suite. (Figure 49)

Après fabrication, le guide sera contrôlé par un scanning qui permettra une comparaison avec le fichier de conception.

Puis le guide sera nettoyé et conditionné avant d'être stérilisé à l'autoclave.



Figure 49 : Étapes de fabrication d'un guide de coupe par StéréoLitographie, Materialise

• Conception et fabrication des plaques d'ostéosynthèses

Tout comme les guide de coupe, les plaques d'ostéosynthèses personnalisées sont conçues à l'aide du logiciel 3-matic® par les ingénieurs d'OBL selon les recommandations du chirurgien.

Les critères de choix pour la confection des plaques sont :

- une taille et une forme leur permettant d'épouser avec précision l'anatomie squelettique ;
- un positionnement possible à travers l'incision muqueuse et périostée ;
- l'absence de contre dépouille afin d'être positionnées de manière passive sur les pièces squelettiques ;
- la présence de butées et d'angles de conformation au niveau des zones d'ostéotomies facilitant le positionnement per-opératoire des portions du greffon.

Le positionnement et la longueur des minivis feront également l'objet d'une planification associée à une CFAO. Un mode par transparence permettra de choisir le meilleur positionnement possible de ces vis pour préserver les organes nobles du voisinage (nerf mandibulaire, foramen mentonnier, racines dentaires, etc). Alors qu'une simulation en mode de coupe permettra d'apprécier l'épaisseur squelettique et la densité osseuse afin de déterminer la longueur et le meilleur ancrage possible pour la vis. (*Figure 50*)

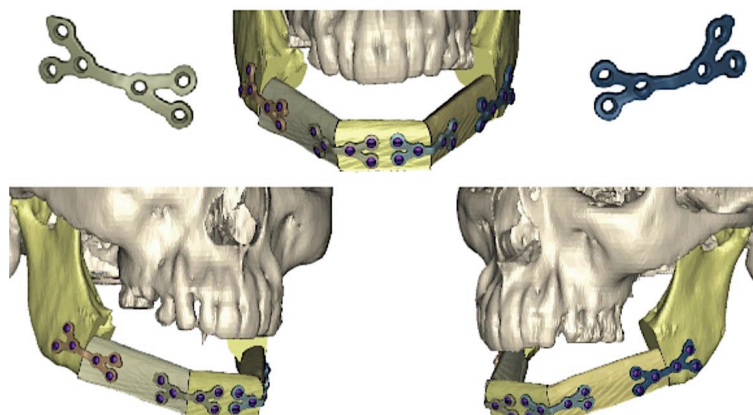


Figure 50 : Conception de plaques d'ostéosynthèses personnalisées, Materialise (68)

De la même façon que pour les guides de coupes, le projet du technicien sera exporté à l'impression au format .STL.

Les plaques sont fabriquées par fusion sélective de laser d'un lit de poudre de titane (SLM) de la manière suivante :

- le logiciel 3-matic® découpe virtuellement la plaque en plusieurs tranches (ou couches) qui seront envoyées l'une après l'autre à l'impression ;
- une couche vierge de poudre de titane est étalée par la machine dans la chambre de fusion ;
- un faisceau laser vient faire fusionner ce lit de poudre de titane de grade II sur une épaisseur correspondant aux tranches virtuelles ;
- un rouleau dépose une nouvelle couche de poudre de titane dans la chambre de fusion par-dessus l'ancienne ;
- ce procédé est réalisé jusqu'à ce que la plaque soit fabriquée dans sa totalité ;
- une vérification de contrôle est réalisée ;
- puis la plaque subira un traitement de surface par anodisation et sera nettoyée, dégraissée, conditionnée puis stérilisée en autoclave.

III. PROTOCOLE OPERATOIRE DES RECONSTRUCTIONS

MANDIBULAIRES ASSISTÉES PAR ORDINATEUR

La chirurgie de reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula est une chirurgie longue à double équipe sur deux sites opératoires. L'anesthésiste devra sécuriser les accès vasculaires et respiratoire du patient avant l'intervention car une fois l'installation faite plus aucun accès ne lui sera possible notamment en cas de débranchement ou arrachage accidentel. Une intubation première sera réalisée avant le premier geste chirurgical qui sera souvent la trachéotomie. (74)

L'installation céphalique du patient sera adaptée au type d'exérèse alors que le membre inférieur devra être positionné en décubitus dorsal. Le genou devra être fléchi à 30° avec le pied en appui sur une cale. La jambe sera rasée et un garrot pneumatique gonflé à 300 mmHg sera appliqué à la racine de la cuisse après vidange des veines. (75)

Le côté du prélèvement sera préalablement choisi en fonction de plusieurs paramètres cliniques : qualité des vaisseaux jambiers, côté de la PDS mandibulaire, nécessité d'une palette cutanée en remplacement muqueux endo buccal ou en externe tégumentaire cutané, disponibilité des vaisseaux en cervical chez des patients antérieurement opérés, etc.

1) Préparation du site donneur

a. Dessin du lambeau

Dans un premier temps la fibula sera repérée puis marquée antéropostérieurement et supéro-inférieurement de sa tête à sa malléole externe. Une distance de 7cm à la mortaise tibio-fibulaire devra être respectée afin d'éviter une instabilité de la cheville et une déformation en valgus, et de 6cm à la partie supérieure pour éviter de léser le nerf fibulaire commun. La palette cutanée est ensuite dessinée de forme ellipsoïdale à grand axe longitudinal en fonction de la PDS à combler. Son bord postérieur ne devra pas dépasser la ligne médiane postérieure de la jambe. (75) (*Figures 51-52*)

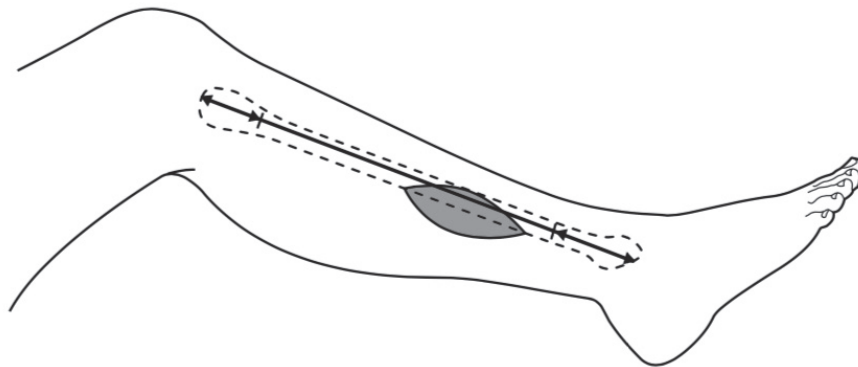
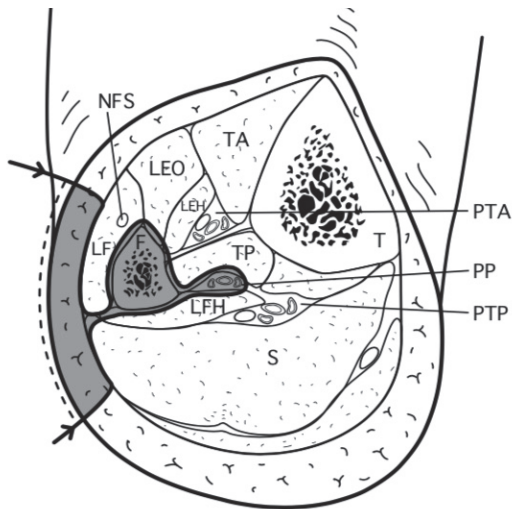


Figure 51 : Schéma représentant le dessin du lambeau ostéo-cutané de fibula (75)

b. Incisions et décollements du lambeau



F : fibula ; T : tibia ; PTA : pédicule tibial antérieur ; PTP : pédicule tibial postérieur ; NFS : nerf fibulaire superficiel ; TA : muscle tibial antérieur ; LEO : muscle long extenseur des orteils ; LF : muscle long fibulaire ; LEH : muscle long extenseur de l'hallux ; TP : muscle tibial postérieur ; LFH : muscle long fléchisseur de l'hallux ; S : muscle soléaire ; PP : pédicule péronier.

Figure 52 : Vue transversale du lambeau ostéo-cutané de fibula (75)

• Incisions et décollements de la portion antérieure (Figure 53)

La voie d'abord circonscrit le dessin prédéterminé de la palette cutanée : incision cutanée, sous-cutanée et du fascia crural superficiel. Elle est suivie d'un décollement jusqu'au septum entre le muscle long fibulaire (LF) et le soléaire (S) permettant la visualisation des artères perforantes.

Les muscles long fibulaire, longs extenseurs des orteils (LEO) et de l'hallux (LEH) sont ensuite réclinés jusqu'à la membrane interosseuse sur toute la longueur souhaitée du prélèvement en préservant une fine couche musculaire d'environ 2mm au contact de l'os pour conserver la vascularisation périostée sans pour autant gêner la mise en place précise du guide de coupe.



Figure 53 : Incisions et décollements antérieur de la palette fascio-cutanée, Dr Poissonnet

- Incisions et décollements de la portion postérieure (*Figure 54*)

La palette cutanée est là encore décollée en emportant le plan aponévrotique jusqu'à rejoindre la dissection antérieure au niveau du septum entre le muscle long fibulaire et le soléaire. S'ensuit alors une dissection délicate en direction du pédicule péronier (PP) du muscle soléaire de façon parallèle à la face postérieure du septum intermusculaire postérieur. La dissection se poursuit ensuite jusqu'au muscle long fléchisseur de l'hallux (LFH). À la fin de cette étape, les vaisseaux perforants qui vascularisent la palette cutanée sont visibles sur la face postérieure du septum inter-musculaire postérieur (75).



Figure 54 : Incisions et décollements de la portion postérieure, Dr Poissonnet

c. Ostéotomies et conformations associées à un guide de coupe fibulaire

Le guide chirurgical de coupe fibulaire obtenu par Stéréolithographie après planification numérique est positionné sur la fibula en prenant appui sur sa face antéro-latérale et sur sa crête antérieure tout en restant à distance du septum vascularisant la palette fascio-cutanée. Le guide est alors stabilisé par des vis à travers des trous prévus à cet effet.

Les ostéotomies sont réalisées directement à la jambe en gardant le lambeau pédiculé et en suivant les bords du guide à l'aide d'une scie oscillante classique ou d'un piezotome avec un insert à lame longue. Les ostéotomies proximales et distales sont réalisées dans un premier temps en prenant soin de protéger le pédicule vasculaire par une lame malléable glissée dans le plan sous-périostée au ras de la berge du guide. L'utilisation du piezotome est intéressante lorsque l'on approche du pédicule vasculaire, le risque de blessure de ce dernier étant beaucoup moindre qu'avec la scie oscillante. Les puits de forages des vis d'ostéosynthèse supportant les plaques personnalisées pourront être effectués à cette étape à travers des trous également prévus à cet effet sur le guide de coupe. Les ostéotomies intermédiaires de conformation sont ensuite réalisées selon le même principe que les ostéotomies proximales et distales. (66) (*Figure 55*)

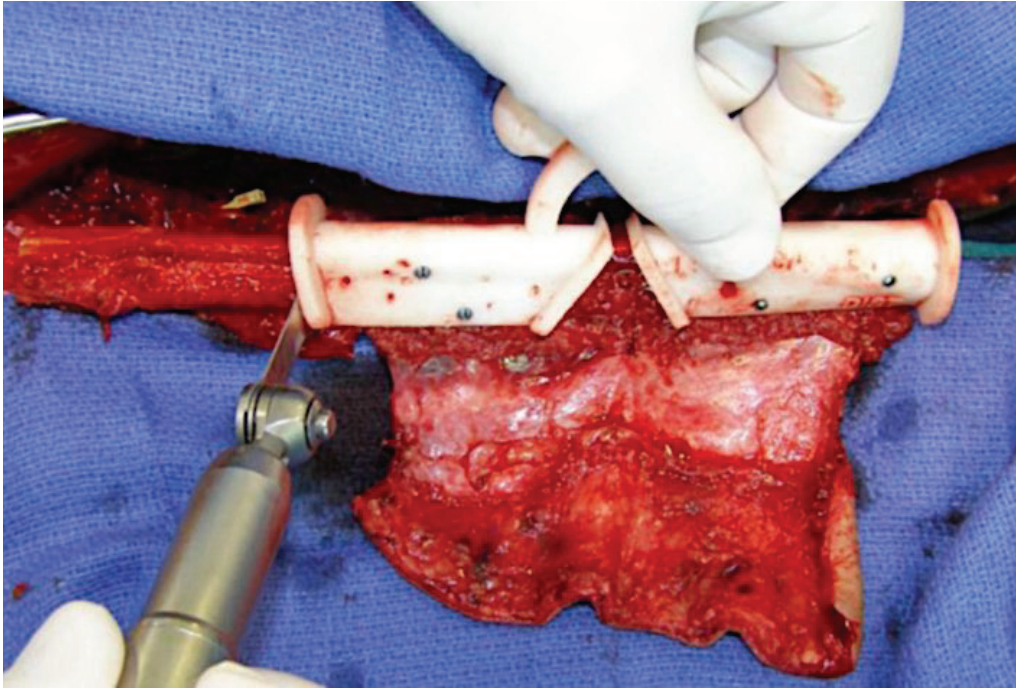


Figure 55 : Ostéotomies réalisées à l'aide d'un guide de coupe après fixation (68)

Après la réalisation des ostéotomies le guide est déposé et la conformation osseuse voulue est obtenue par l'accolement précis des segments fibulaire tout en gardant le lambeau pédiculé en nourrice réduisant ainsi la durée d'ischémie. La réduction réalisée au niveau des différents segments osseux obtenus sera maintenue par les plaques d'ostéosynthèse en Titane fournie par Materialise.

2) Préparation du site receveur

a. Voie d'abord à la lésion

La voie d'abord mandibulaire sera fonction du type de lésion rencontré et de son étendue. Dans l'ensemble l'intervention débute régulièrement par une incision cutanée de type Sébilleau-Carrega prenant naissance en dessous et en arrière de la mastoïde puis se prolongeant jusqu'au menton. Dans certains cas et afin d'améliorer la visibilité du site l'incision pourra être remontée jusqu'à la lèvre inférieure, mais cela au dépend de l'esthétique. (*Figure 56*)

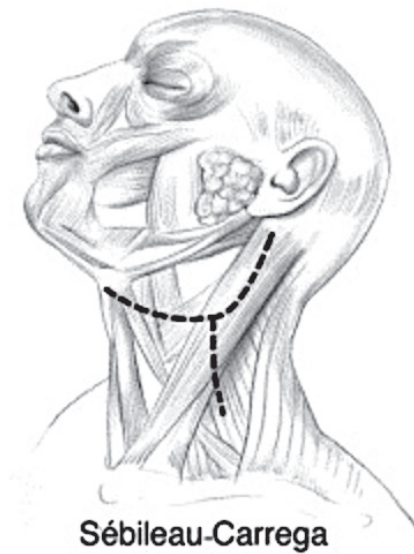


Figure 56 : Incision cutanée de Sébilleau-Carrega (78)

Pour ce qui est des résections symphysaires, il est cependant de règle de ne pas sectionner la sangle musculo-cutanée labio-mentonnière mais de réaliser un décollement sous-périosté si l'extension carcinologique le permet afin de préserver le maintien labial : technique du déglouing (77).

Les différents plans myocutanés seront alors disséqués puis soulevés afin d'exposer la table externe de la branche horizontale de la mandibule et de la branche montante. Il est à noter qu'une partie du muscle masséter pourra être supprimé en fonction de la localisation de la lésion (Figure 57). Enfin, la section du muscle mylo-hyoïdien en regard de la portion mandibulaire à réséquer libérera la mandibule du plancher attenant.

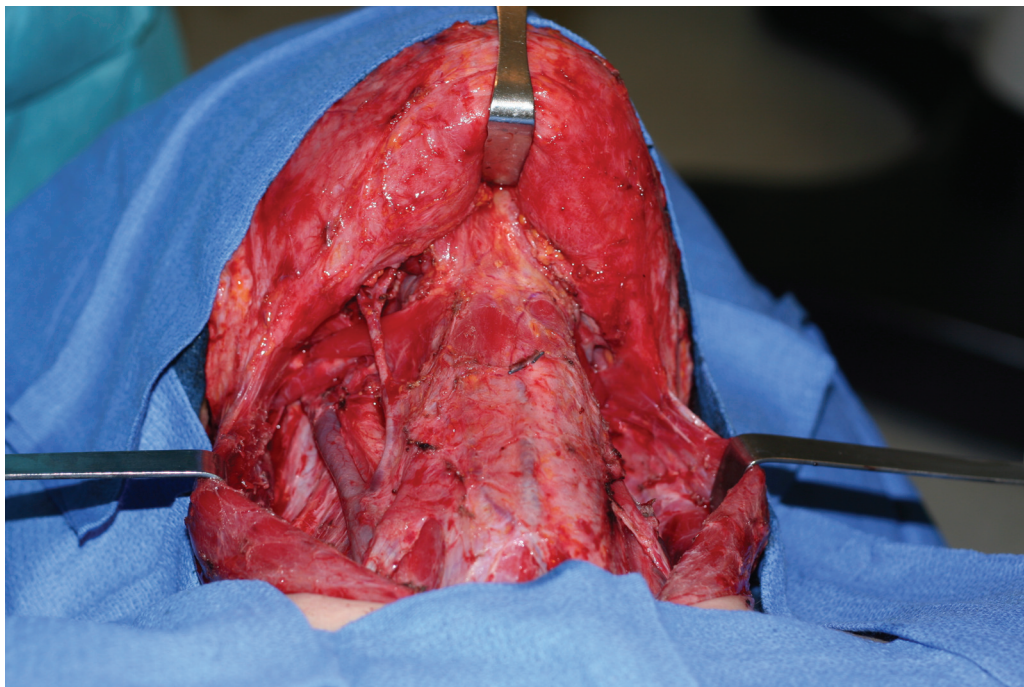


Figure 57 : Voie d'abord cervicale, Dr Dassonville

b. Évidement ganglionnaire

Dans le cas d'une tumeur maligne, un curage ganglionnaire pourra être associé à la chirurgie de résection mandibulaire. L'atteinte ganglionnaire métastatique se faisant de manière séquentielle et prédictible, le type de curage sera choisi en fonction de nombreux paramètres cliniques et d'imageries ganglionnaires (échographie) : statut ganglionnaire pré-opératoire, site et côté de la tumeur primitive, etc. (78)

La réalisation quasi systématique de curage ganglionnaire permet l'identification et le recensement de tous les vaisseaux donneurs artério-veineux. La qualité et le calibre de chaque vaisseau sera ainsi apprécié afin de choisir au mieux l'artère donneuse et la ou les veines réceptrices. (79)

Lors de la réalisation des curages ganglionnaires le capital artério-veineux cervical devra être préservé le mieux possible sans concession vis-à-vis des règles de l'exérèse carcinologique afin de permettre la revascularisation microchirurgicale du lambeau libre prévu mais également dans l'éventualité d'une autre intervention cervicale chez ces patients à risque de seconde localisation tumorale. (79)

c. Ostéotomies à l'aide d'un guide de coupe mandibulaire

Les guides de coupes mandibulaires sont positionnés de part et d'autre de la portion à réséquer. Dans le cas d'une mandibulectomie avec désarticulation temporo mandibulaire, seul un guide permettra de délimiter la zone de résection antérieure. Les guides sont stabilisés à l'aide de vis par les trous prévus à cet effet et les ostéotomies peuvent commencer en suivant la ligne de découpe. Certains guides, reliant de part et d'autre les deux zones de découpe, devront alors être sectionnés dans la continuité de la rigole afin d'être divisés en deux fragments : l'un fixé à la zone réséquée, l'autre à la portion mandibulaire conservée.

(*Figure 58*)

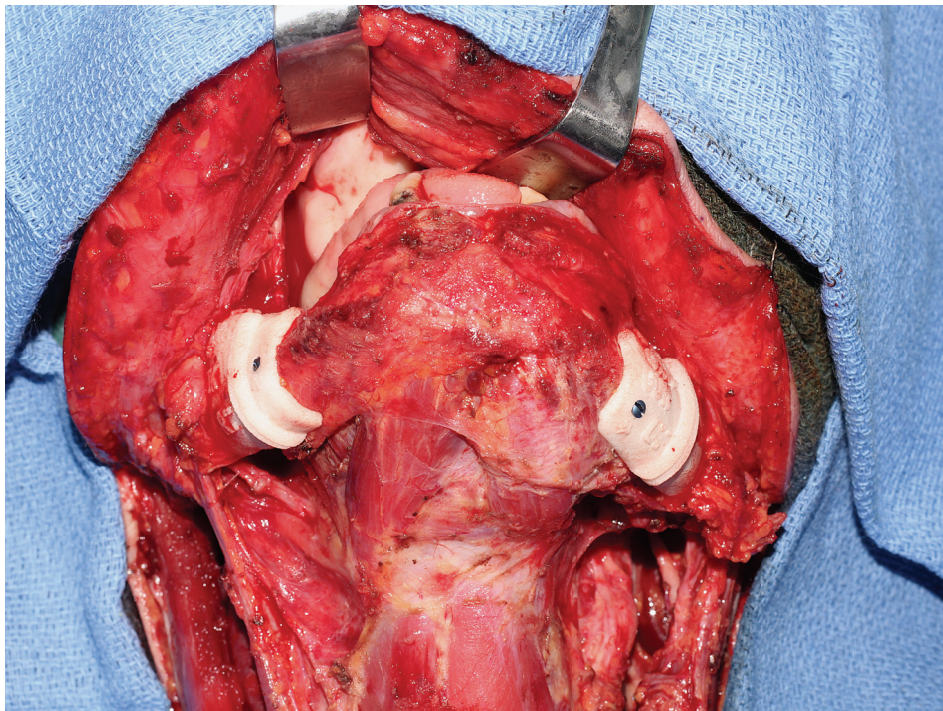


Figure 58 : Positionnement des guides de coupes mandibulaires, Dr Dassonville

3) Greffe du lambeau

a. Libération du lambeau de fibula

La libération du lambeau ostéo-cutané pourra être réalisée lorsque les temps d'exérèse tumorale primitive et de curage ganglionnaire sont terminés.

Dans un premier temps le garrot sera retiré ; cela permettra de contrôler la vascularisation cutanée et osseuse du transplant, de vérifier l'hémostase et de contrôler les pouls distaux. La section du pédicule devra ensuite être réalisée en proximal juste en dessous de la bifurcation du tronc tibio-péronier. Le lambeau libre sera rincé puis rempli d'une solution héparinée une fois libéré et durant toute la période d'immobilisation afin d'éviter tout risque de thrombose.



Figure 59 : Rinçage vasculaire du lambeau libre à l'héparine par le Dr. G. Poissonnet, IUFC Nice

b. Fixation du lambeau

Il est préférable, dans un premier temps, de réaliser l'ostéosynthèse du transplant osseux avec la mandibule avant la réalisation de la microchirurgie vasculaire afin d'éviter une éventuelle traction sur les anastomoses. Cette chronologie permet également de connaître avec précision la longueur du pédicule vasculaire nécessaire et de l'adapter au mieux à la localisation des vaisseaux donneurs cervicaux. (77)(79)

En cas d'hémi-mandibulectomie, un fraisage de l'extrémité du lambeau en contact avec le disque articulaire est réalisé afin de redonner un semblant de ressemblance au condyle mandibulaire. Le positionnement en hauteur sera maintenu par un amarrage à la capsule articulaire et aux muscles masticateurs sans pour autant empêcher la mobilité articulaire. La remise en fonction de l'articulation favorisera l'intégration et l'adaptation de ce greffon à l'anatomie articulaire avec le temps. (77) (Figure 60)



Figure 60 : Positionnement de l'extrémité fibulaire dans l'articulation mandibulaire et conformation naturelle après deux ans de fonction (77)

c. Anastomoses vasculaires au site receveur

L'extrémité céphalique cervicale possède un capital artério-veineux d'une grande richesse particulièrement représenté au niveau artériel par les branches collatérales de l'artère carotide externe et veineux par les affluents de la veine jugulaire interne favorables à l'emploi de lambeaux libres. Par leurs localisations, les artères thyroïdienne et faciale sont des artères de choix pour la réalisation d'une anastomose avec l'artère péronière. Cependant l'artère faciale est techniquement plus difficile à anastomoser en raison de son trajet sinueux et du nombre important de collatérales qu'elle présente. Sur le plan veineux, le choix se portera souvent sur la veine jugulaire externe qui présente une pression négative très favorable à la perméabilité de l'anastomose. (79)

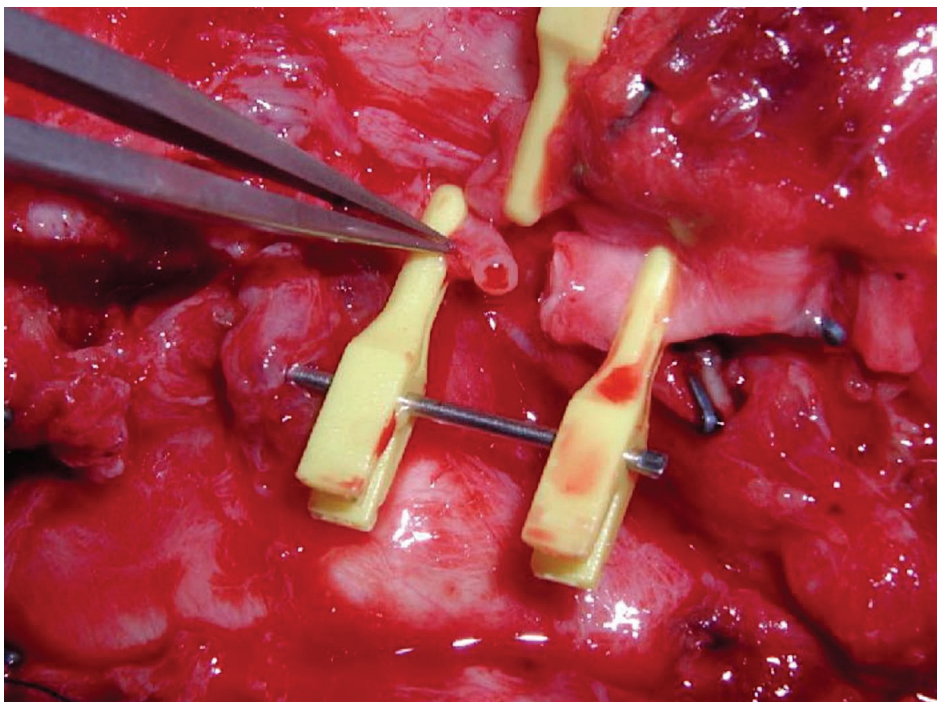


Figure 61 : Microchirurgie vasculaire sous microscope, image microscope, Dr. Dassonville

La réalisation des anastomoses se fera sous microscope afin d'améliorer la précision du geste.

Après avoir été sélectionnés et juste avant la réalisation de la micro-anastomose, les vaisseaux donateurs pourront être clipés ou ligaturés ; il est important d'attendre le dernier moment avant l'anastomose afin d'éviter la stagnation sanguine facteur de thrombose. Les vaisseaux donateurs et receveurs devront être manipulés avec précaution par l'intermédiaire de leur adventice et les anastomoses devront se faire sans tension avec peu mais suffisamment de sutures pour éviter des fuites anastomotiques importantes. (79)

D'une manière générale, la microchirurgie commence par l'artère, en termino-terminal sur une artère cervicale donneuse au fil Prolène 9.0, on vérifie la bonne vascularisation du lambeau au niveau périosté médullaire, musculaire et cutané, le cas échéant. Après avoir constaté le bon retour veineux, la ou les veines du lambeau sont anastomosées aux veines réceptrices cervicales, soit, en termino-terminal au fil 9.0 soit au Coupler vasculaire, soit en termino-latéral sur la veine jugulaire interne. (*Figure 62*)

Après déclampage de l'anastomose des tests de perméabilités devront être effectués afin de s'assurer d'un bon passage vasculaire au niveau de l'anastomose. (79)

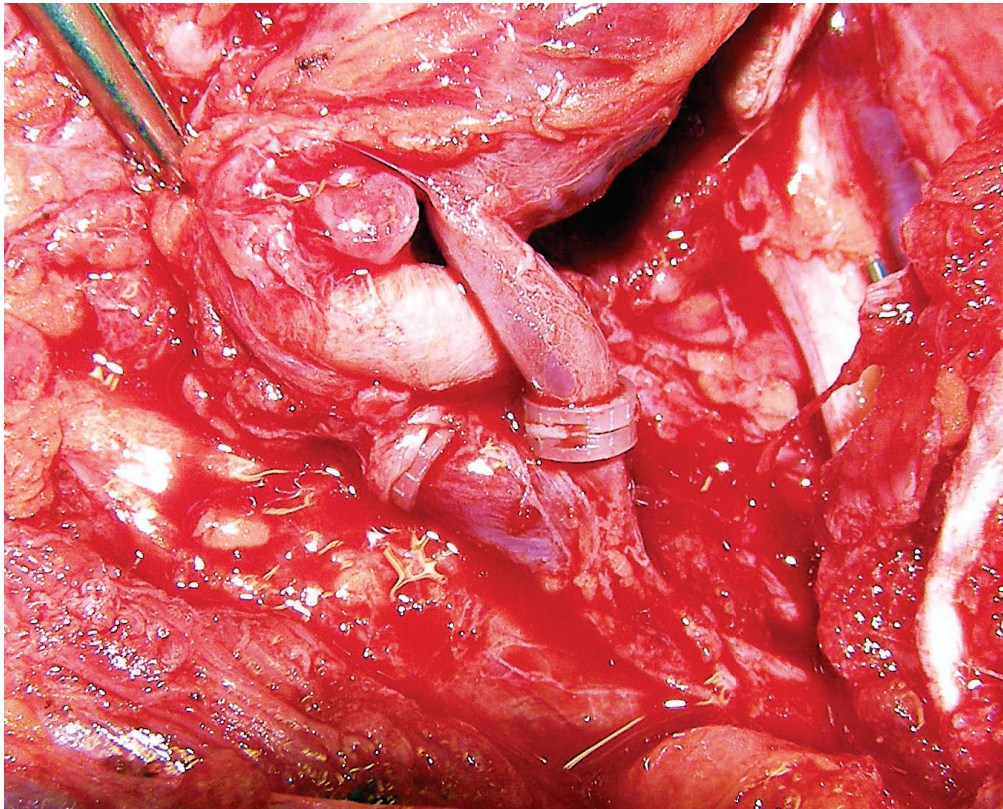


Figure 62 : Mise en place des Couplers vasculaires, image microscope, Dr Dassonville

d. Fermeture des sites opératoires

Le site receveur céphalique intégrera la palette cutanée du transplant qui devra recouvrir avec étanchéité la portion osseuse du greffon. Cette palette aura également pour objectif de combler la PDS tissulaire et de faciliter la réhabilitation dentaire ultérieure.

La palette sera positionnée en passant dans la concavité mandibulaire pour une reconstruction sans tension du plancher buccal et de la langue. Afin de ne pas compromettre la vascularisation du greffon la palette cutanée ne devra pas exercer de tensions sur le pédicule et les perforantes. (77)

La voie d'abord sera quant à elle refermée après repositionnement des différents plans anatomiques.

Au niveau du site donneur, deux drains aspiratifs devront être positionnés avant la fermeture qui sera réalisée au niveau de trois plans : musculaire (rapprochement des muscles soléaire et long fibulaire latéral), sous cutané et cutané. Une fermeture primaire cutanée pourra être effectuée si la largeur du prélèvement ne dépasse pas 5cm, au-delà une greffe de peau mince s'imposera. (75) (*Figure 63*)



*Figure 63 : Greffe de peau mince recouvrant la zone de prélèvement de la palette cutanée,
Dr Poissonnet*

IV. RÉHABILITATION PROTHÉTIQUE IMPLANTO-PORTEE

1) Pourquoi implanter

Les implants dentaires font actuellement partie de la panoplie des moyens thérapeutiques mis en œuvre pour assurer la réhabilitation orale. L'implant dentaire est un artifice spécialement conçu pour obtenir la rétention et le support d'une prothèse dentaire afin d'empêcher son déplacement. En outre ils permettent le traitement de certains types d'édentements difficilement compensés par les procédés conventionnels (80).

L'indication implantaire trouve tout son intérêt dans le déroulement d'une prise en charge de perte de substance mandibulaire. En effet la situation rencontrée après une reconstruction mandibulaire par lambeau libre composite de fibula, qu'elle soit morphologique, esthétique ou buccale, rend particulièrement complexe toute technique de reconstruction dentaire prothétique. La stabilisation d'une prothèse implanto-portée permet dès lors un recouvrement optimal de la fonction (mastication/déglutition/phonation), une amélioration du profil esthétique et un réel confort pour le patient (81).

Depuis la mise en place de la CCAM en 2013 une partie des actes d'implantologie et de prothèse supra-implantaire est prise en charge par l'assurance maladie dans le cadre de séquelles thérapeutiques post tumorales de la cavité buccale ou des maxillaires.

2) Quand implanter

La question du délai dans la mise en place d'implant dentaire lors de reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula est une question récurrente soumise à controverse. Dans la littérature on observe que la majorité des implants dentaires sont posés secondairement à la chirurgie de reconstruction mandibulaire une fois la cicatrisation terminée. Cependant de nombreux auteurs ont conclu que le délai de mise en place des implants ne semblait pas intervenir de façon significative dans la survenue d'échec de l'ostéointégration implantaire (46). Aujourd'hui les progrès et les avancées de la chirurgie permettent une mise en place immédiate et précise de ces implants lors de la chirurgie reconstructrice. Toutefois certaines étiologies de PDS pourraient être les principales barrières thérapeutiques à la réalisation d'une implantation immédiate.

a. Implantation immédiate

La mise en place simultanée des implants dentaires à une chirurgie de reconstruction mandibulaire a pour principaux objectifs la réduction du nombre d'interventions chirurgicales et la restauration rapide des fonctions mandibulaires des patients concernés (82).

En 1994 Sclaroff et al (83) décrivent cette technique chez des patients atteints de tumeurs malignes et constatèrent une amélioration du succès implantaire lorsque ceux-ci étaient placés avant une radiothérapie. Depuis plusieurs autres auteurs confirmèrent ces résultats (84)(85)(86)(87). Chez les patients nécessitant une irradiation d'autres avantages ont été rapportés dans la littérature à savoir la diminution du risque d'ostéoradionécrose et l'amélioration de l'ostéointégration (88)(89), la suppression des séances fastidieuses pour le patient d'oxygénation hyperbare (90), une amélioration des conditions de mise en place des implants pour le chirurgien (pas de problème de gestion des tissus mous et d'ouverture buccale (91)) et une diminution du temps avant réhabilitation prothétique. Néanmoins, dans leur méta-analyse, Schiegnitz et al remarquent qu'un délai minimum de six semaines devait être respecté entre la mise en place des implants et l'irradiation pour ne pas compromettre leur l'ostéointégration (92).

Pour Chana et al (93) la reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula immédiate à la résection et associée à une mise en place simultanée d'implants ostéo-intégrés représente une méthode de traitement idéale lors de tumeurs bénignes.

Les limites actuelles à la réalisation d'une implantation immédiate sont pour les techniques sans planification numérique l'absence de précision dans le placement des implants (risques d'interférer avec les plaques d'ostéosynthèse, implants non mis-en-charge) et de façon générale une augmentation du temps d'intervention, un risque d'ischémie du lambeau et de souffrance tissulaire de la portion osseuse pouvant augmenter le risque de nécrose.

Les critères décisionnels à prendre en compte avant une implantation immédiate sur un lambeau libre de fibula sont la stabilité médicale du patient, sa coopération, sa motivation, l'acceptation par celui-ci des coûts financiers, le faible risque de récurrence de la tumeur et, surtout, la nécessité ou non d'une radiothérapie post-opératoire qui reste un fort argument contre la mise en place primaire des implants pour la majorité des équipes.

b. Implantation différée

Jusqu'à il y a peu de temps l'implantation différée était considérée comme la règle dans la réhabilitation prothético-implantaire d'un patient nécessitant une reconstruction mandibulaire. Les différents auteurs s'accordaient sur le fait qu'il était difficile de planifier l'axe de positionnement des implants avant la reconstruction (94).

Aujourd'hui, avec le développement des techniques de planification numérique les procédures de mise en place des implants ont été grandement facilitées. Cependant la plupart des équipes chirurgicales continuent de considérer la chirurgie de reconstruction mandibulaire comme suffisamment longue et lourde pour y rajouter une étape supplémentaire implantaire.

L'implantation différée a pour avantage de réduire le temps opératoire chirurgical de reconstruction et de s'assurer à posteriori de la vitalité du greffon tout en surveillant l'absence de récurrences tumorales avant la mise en place des implants (95). Cela permet également de s'assurer de la motivation du patient et de planifier un projet prothétique adapté sur un os de fibula déjà greffé. Des étapes de réductions des brides cicatricielles, de greffes gingivales et d'approfondissement du vestibule pourront également être réalisés avant la mise en place des implants afin d'améliorer l'assise prothétique (91).

En ce qui concerne la mise en place différée des implants chez les patients nécessitant une radiothérapie, plusieurs études ont montré que malgré les effets néfastes de la radiothérapie sur la vascularisation du greffon le succès implantaire sur l'os de péroné n'était que peu affectée par l'exposition à une irradiation (83)(88)(96). Les échecs implantaires seraient principalement dus aux effets indésirables de la radiothérapie sur les tissus durs et mous tels que l'apparition de mycoses et de xérostomie. Cependant, afin d'améliorer l'ostéointégration des implants Granström proposa l'utilisation d'une oxygénothérapie hyperbare chez le patient irradié sans que cela ne puisse être réellement prouvé (97).

La mise en place des implants après irradiation peut être envisagée dès lors que la dose reçue est inférieure à 50 grays. Certains auteurs estiment qu'au-dessus de ces 50 grays le taux d'échec implantaire augmente de 34% (87) et passe à 50% au-dessus des 60 grays (98). À ces doses reçues les échecs proviendraient principalement de la réduction de la néovascularisation du greffon, de la perturbation de l'équilibre entre l'apposition et la résorption osseuse et plus généralement de l'hypocellularité du tissu osseux entraînant une diminution de l'ostéointégration implantaire et un risque d'ostéonécrose.

Le délai d'implantation après radiothérapie est quand-à-lui fonction du patient et de l'équipe soignante. Aucun consensus n'a été établi mais certains auteurs préconisent une mise en place des implants dans une fenêtre allant de 6 à 24 mois après la radiothérapie correspondant à un phénomène d'angiogenèse active propice à l'ostéointégration des implants (99).

Pour Ferrari et al. ce délai d'implantation permettrait aux praticiens de s'assurer que le patient est bien en phase de rémission et d'évaluer sa motivation à la pose d'implant (100).

c. Délai avant mise en charge de la prothèse sur implant

Actuellement la plupart des équipes chirurgicales attendent l'ostéointégration complète des implants (environ 3 mois) avant de procéder à la mise en charge de la prothèse. Néanmoins, certains auteurs préconisent une mise en charge immédiate de la prothèse lors de la mise en place des implants à condition d'obtenir une stabilité primaire implantaire suffisamment importante et une adaptation parfaite, sans contrainte, de la prothèse sur les implants. Cette mise en charge immédiate de la prothèse permettrait, outre le gain de temps, d'améliorer la réadaptation des patients et de leur permettre une reprise rapide de leur vie sociale et professionnelle (101).

Lorsqu'une mise en charge immédiate de la prothèse est associée à une implantation immédiate sur le lambeau libre de fibula, une amélioration de la stabilité osseuse primaire du greffon par réduction des micromouvements pourrait être observée grâce au rôle de contention joué par la prothèse. Cette prothèse aurait également un rôle de conformateur du lambeau améliorant ainsi le positionnement de la palette cutanée (102). La mise en place de la prothèse le jour de la reconstruction mandibulaire ne peut être proposée qu'aux patients présentant un faible risque de récurrence tumoral, stables médicalement, motivés, coopératifs dans la mise en place du traitement et ne nécessitant pas de radiothérapie (101).

Même si l'utilisation des systèmes de planification numérique permet aujourd'hui de réduire les difficultés de mise en œuvre de la prothèse, une collaboration étroite entre l'équipe chirurgicale, le chirurgien-dentiste et le prothésiste reste requise (103).

3) Comment implanter

Les techniques de mise en place d'implants dans un lambeau libre de fibula ont grandement évolué depuis l'arrivée des premiers logiciels de planification implantaire et de réalisation de guides de forages implantaires dans les années 2000. Avant l'arrivée des guides de forages, la mise en place des implants se faisait par pose à main levée dans un péroné. Cette mise en place pouvait se faire aussi bien au cours de la chirurgie reconstructrice afin d'avoir une vision parfaite des volumes osseux, qu'après irradiation du patient et cicatrisation du lambeau. Dans cette seconde situation la mise en place des implants était réalisée après l'analyse radiologique des volumes osseux et le décollement ou l'exérèse de la palette cutanée recouvrant la fibula.

Que ce soit de façon immédiate ou différée, l'inconvénient majeur d'une pose conventionnelle d'implants est le risque de non mise en charge prothétique de ces implants. En effet, cette mise en charge peut se révéler impossible si le positionnement et l'axe implantaire ne reflètent pas les relations squelettiques réelles des arcades dentaires. Dans son étude de cas, Iizuka rapporte une non mise en charge de 15 implants sur 37 posés chez treize patients après une reconstruction mandibulaire (104)

La chirurgie implantaire guidée permet le placement précis des implants à l'aide d'un guide chirurgical de forage reportant les axes implantaires planifiés. La position des implants est décidée en préopératoire sur un modèle virtuel en fonction de la prothèse à réaliser et des obstacles à éviter tels que les vis d'ostéosynthèses et les zones d'ostéotomies. En outre elle permet la mise en fonction immédiate d'une prothèse après mise en place des implants.

La précision du positionnement implantaire varie en fonction de l'assise du guide de forage, celle-ci peut être à :

- appui dentaire lorsque le patient est partiellement édenté, la précision est dans ce cas maximale ;
- appui osseux lorsque l'édentement est complet ou dans une zone terminale et qu'une visibilité du site à implanter peut s'avérer nécessaire, la précision de forage est dans ce cas très bonne ;
- appui muqueux lorsque l'édentement est total et qu'une chirurgie peu invasive s'avère nécessaire, la stabilité de ces guides n'est pas optimale et la précision des forages s'en trouve fortement diminuée.

La technique dite en « flapless » consiste en une mise en place guidée d'implant sans lever le lambeau muqueux-cutané. Elle peut être intéressante lorsque la palette cutanée rend compliqué tout accès à l'os de fibula. Cette technique n'est utilisable que lors d'une implantation secondaire à la reconstruction une fois la cicatrisation terminée.

Avant l'arrivée des techniques de planification numérique de reconstruction mandibulaire et de modélisation 3D de la conformation de la fibula, la chirurgie implantaire guidée ne pouvait être réalisée que secondairement à la reconstruction mandibulaire. Aujourd'hui les guides à appui dentaires et muqueux ne restent cependant utilisables que lors d'implantations secondaires.

V. NOUVELLES PERSPECTIVES DE RÉHABILITATIONS

PROTHÉTIQUES IMPLANTO-PORTÉES PERMISES PAR LA

PLANIFICATION NUMÉRIQUE

1) Problématique

Comme nous l'avons vu dans le chapitre II la planification implantaire réalisée à l'aide du logiciel ProPlan CMF et associée à la fabrication du guide de coupe fibulaire ne permet pas la mise en place précise immédiate des implants dans la portion osseuse du transplant de fibula. En effet les zones de guidage du forage implantaire positionnées sur le guide de coupe fibulaire autorisent exclusivement le passage des premiers forets implantaires et non de l'implant. Il est ainsi compliqué de contrôler l'enfoncement et l'axe des implants et donc de confectionner en avance une prothèse de précision. De plus la faible rigidité du guide facilite l'abrasion des puits de forage lors du passage des forets et engendre un risque de modification d'axe. De ce fait nous pouvons considérer que ces guides de forages sont plus des guides de pointages de l'emplacement des implants que de forages à proprement parler. (*Figure 64*)



Figure 64 : Guide Materialise de coupe fibulaire et de forage du site implantaire (66)

2) Planification numérique implantaire, utilisation du logiciel SimPlant®

Le logiciel SimPlant® est le premier logiciel mis au point pour l'implantologie assistée par ordinateur. Il a été réalisé et développé par l'entreprise Materialise sous sa filiale Materialise Dental© en 1991 dans le but de fournir aux chirurgiens-dentistes un outil performant facilitant la planification et la mise en place des implants. En 2006 la filiale Materialise Dental et l'ensemble de ses brevets ont été acquis par la société DENTSPLY (actuellement Dentsply Sirona).

Les fonctions principales du logiciel SimPlant® sont destinées à la simulation 3D du positionnement implantaire. Il permet au chirurgien de choisir un implant spécifique, comportant une longueur et un diamètre adéquats au volume osseux disponible, à partir d'une large bibliothèque d'implants régulièrement mise à jour. Un masque de l'implant sera alors superposé au volume osseux obtenu à partir de la radiographie. Son axe pourra être modifié à volonté, dans tous les sens de l'espace, ce qui permettra au chirurgien de constater l'incidence de chaque mouvement.

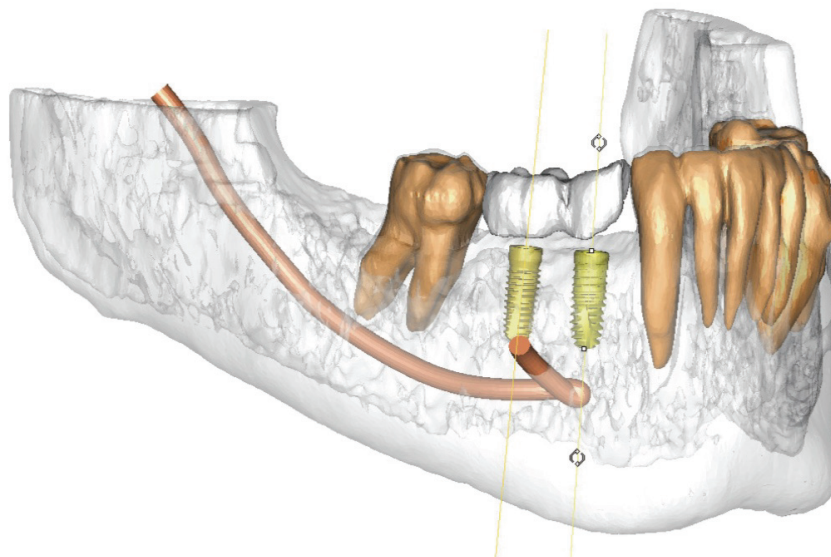


Figure 65 : Planification implantaire SimPlant® (105)

SimPlant® permet également la planification d'une restauration prothétique supra implantaire. Celle-ci peut être obtenue à partir de la superposition d'un fichier .STL provenant d'une empreinte optique buccale ou d'un montage directeur réalisé à partir des wax-up d'un modèle en plâtre sur le fichier obtenu par l'imagerie 3D. Il est également possible de planifier la mise en place des piliers implantaires qu'ils soient personnalisés et donc réalisés par CFAO ou bien standards et donc issus de la bibliothèque du système implantaire utilisé. Les axes implantaires pourront dès lors être modifiés en fonction de la restauration prothétique sus-jacente. (*Figure 66*)

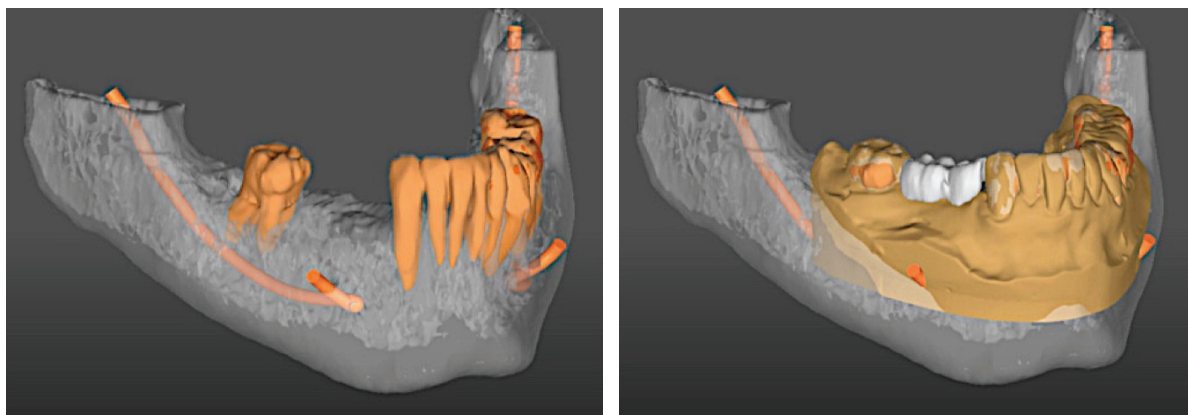


Figure 66 : Matching du montage directeur avec l'imagerie 3D (105)

À partir des données issues de la planification implantaire un guide de forage pourra être confectionné afin de positionner, d'angler et d'enfoncer le ou les implants précédemment planifiés de façon précise. (*Figure 67*)



Figure 67 : Guide SimPlant SAFE® : guidage des forets et des implants avec contrôle des profondeurs (106)

Lorsque la planification implantaire sera validée le prothésiste aura également la possibilité de concevoir une restauration provisoire avant même l'intervention chirurgicale grâce à l'outil « Immediate Smile® ». La prothèse pourra être unitaire ou plurale et conçue par CAO à partir de SimPlant® puis fabriquée par soustraction à partir d'un bloc de résine PMMA (polyméthacrylate de méthyle) ou bien de façon conventionnelle à partir d'un modèle imprimé en 3D de la planification réalisée. (*Figure 68*)

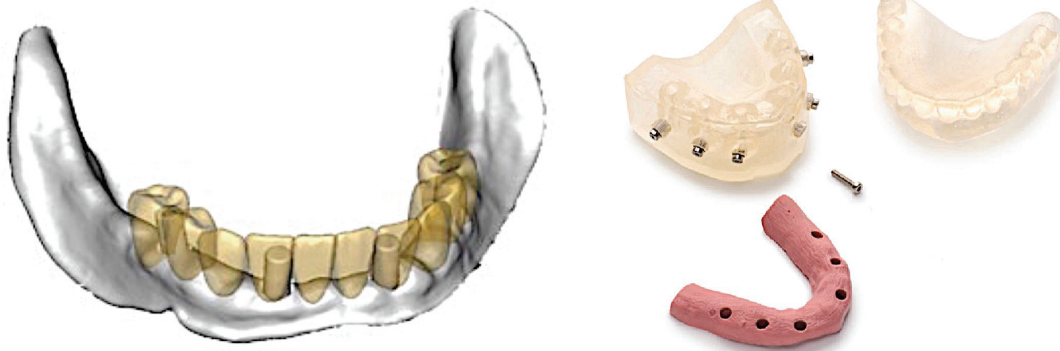


Figure 68 : Outil "Immediate Smile" et modèle imprimé en 3D avec fausse gencive (106)

Dans le cas d'une restauration plurale la technique consistera à réaliser une prothèse évasée en regard de l'émergence des piliers. Les piliers temporaires parallèles en forme de cylindres seront positionnés en bouche alors que ceux non parallèles seront positionnés dans la restauration. La restauration sera ensuite placée en bouche, contrôlée au niveau de l'occlusion puis scellée aux piliers grâce à un ciment composite qui comblera les espaces laissés par les évasements. (Figure 69)



Figure 69 : Procédure d'une restauration plurale provisoire immédiate (106)

3) Mise en fonction immédiate d'une prothèse supra implantaire et reconstruction par lambeau libre de fibula en un temps

Conscients des difficultés rencontrées lors de l'utilisation des guides de forages implantaires fournis par la société Materialise, les équipes de chirurgie oncologique ORL, de chirurgie maxillo-faciale et de chirurgie orale de l'IUFC Nice, en partenariat avec le laboratoire dentaire Dental Design spécialisé dans la confection de guides chirurgicaux et de prothèses immédiates supra implantaires à San Remo en Italie ont eu l'idée d'associer la précision du logiciel de planification ProPlan CMF® à la performance du logiciel SimPlant® dans le positionnement et l'enfoncement implantaire. (107)

Le protocole opératoire mis en place est le suivant :

Dans un premier temps, à travers le logiciel ProPlan CMF® et une fois que la zone à réséquer aura été virtuellement supprimée, le chirurgien planifiera une première position implantaire qui conditionnera la conformation virtuelle de la fibula (**2^{ème} partie, II, 2, b**). À la fin de cette étape le fichier .STL de la conformation fibulaire sera exporté vers le logiciel SimPlant® qui permettra d'entamer les étapes de planification implantaire. On parle alors de « *matching* » entre les logiciels ProPlan CMF® et SimPlant®.

Dans un second temps les masques issus de la situation clinique initiale (lorsque l'occlusion est bonne) ou bien d'un montage directeur de la prothèse à réaliser seront superposés avec la planification de la conformation fibulaire dans SimPlant®. La position implantaire pourra alors être simulée pour correspondre le plus fidèlement possible à la situation occlusale initiale ou au montage directeur.

Grâce à ce *matching* le prothésiste aura la possibilité de confectionner une prothèse provisoire en *Immediate Smile* à partir de la planification implantaire réalisée sur la planification de conformation de la fibula. Pour cela un guide de forage implantaire à appui osseux permettant le contrôle de l'enfoncement implantaire (guide chirurgical Dentsply SAFE®) devra être confectionné afin de positionner les implants avec précision tout en prenant garde de ne pas s'appuyer sur les emplacements prévus aux plaques et vis d'ostéosynthèse. Ce guide sera positionné et vissé sur le transplant osseux de fibula pédiculé une fois que la conformation aura été fixée par les plaques d'ostéosynthèse.

La prothèse provisoire sera placée sur les piliers temporaires cylindriques une fois que les implants auront été positionnés à l'aide du guide de forage. Elle servira de guide lors du repositionnement de la reconstruction mandibulaire vers la situation occlusale initiale du patient ou celle planifiée par le montage directeur. En outre, elle permettra de limiter les latérodéviation liées à ce type de chirurgie et facilitera le conditionnement tissulaire péri-prothétique avant la réalisation de la prothèse définitive.

3^{ème} PARTIE :
PRÉSENTATION DE CAS
CLINIQUES

Dans cette partie nous exposons deux cas de patients présentant des tumeurs bénignes évolutives mandibulaires. Leur prise en charge s'est effectuée de manière pluridisciplinaire au sein de l'Institut Universitaire de la Face et du Cou de Nice entre juillet 2016 et novembre 2017 par les équipes du Centre Antoine Lacassagne et du CHU de Nice.

Une reconstruction mandibulaire par lambeau libre de fibula assistée par ordinateur à l'aide du logiciel ProPlan CMF® et une implantation primaire facilitée par l'utilisation d'un guide de forage SimPlant® ont pu être proposées à ces deux patients.

Notre choix de présentation s'est porté sur ces deux tumeurs bénignes car elles ont permis une exploitation poussée des possibilités offertes par les techniques de modélisation tridimensionnelle pré-opératoires et d'impression 3D de dispositifs sur-mesure.

Ces deux cas ont notamment bénéficié d'une mise en fonction immédiate de la prothèse supra-implantaire dans le même temps chirurgical que la reconstruction mandibulaire.

I. PREMIER CAS

Il s'agit d'un cas d'échec de reconstruction mandibulaire associée à une réhabilitation implanto-prothétique immédiate par nécrose du transplant libre de fibula.

Patiente de 31 ans adressée en juin 2017 dans le service ORL de l'Institut universitaire de la face et du cou de Nice pour une lésion mandibulaire des branches horizontale et verticale gauche faisant évoquer à un améloblastome. (*Figures 70-71*)



Figure 70 : Photographies faciale pré-opératoire, Dr Savoldelli

À l'anatomopathologie les prélèvements confirment l'absence de critères de malignité mais laissent observer, sous un épithélium malpighien, la présence d'un tissu conjonctif myxoïde hypocellulaire au sein duquel se trouvent des fibroblastes, d'aspect étoilé, possédant un petit noyau hyperchromatique, arrondi et non atypique validant un diagnostic de fibromyxome odontogénique.



Figure 71 : Photographie endobuccale de la lésion, Dr Savoldelli

Phases de planification numérique :

1 – Acquisition et segmentation :

Un scanner mandibulaire est réalisé et le fichier DICOM est transféré dans le logiciel ProPlan CMF®

Une angio IRM des membres inférieurs est réalisée afin d'écartier une artériopathie chronique des membres inférieurs. Les fichiers DICOM sont également transférés dans le logiciel ProPlan CMF®. (*Figure 72*)

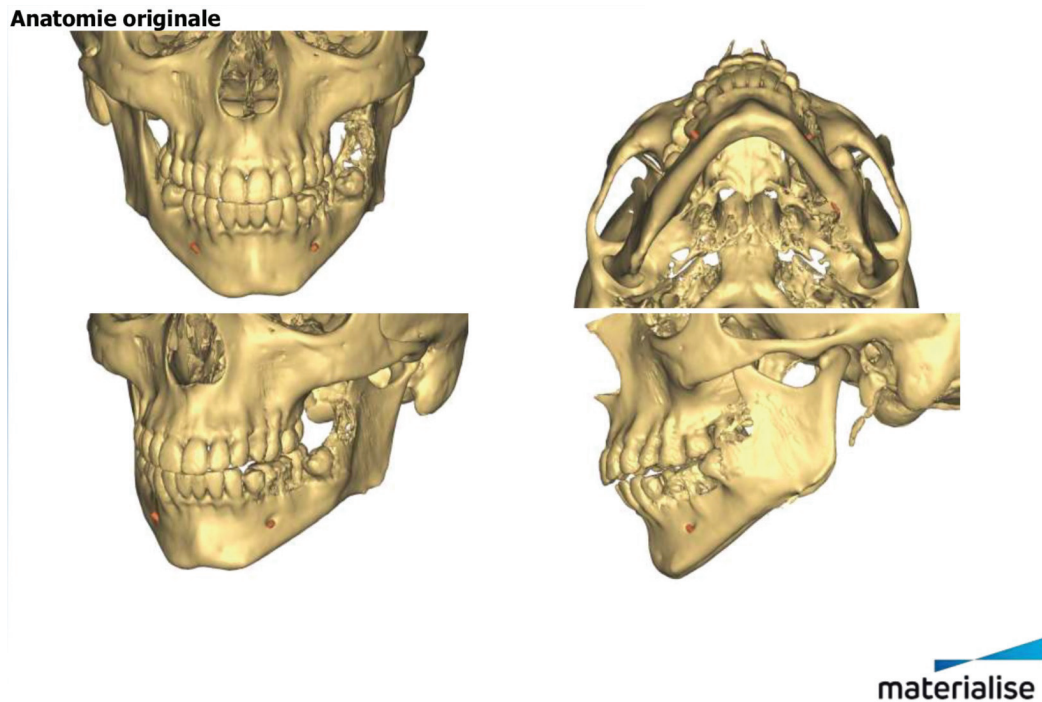


Figure 72 : Segmentation des données numériques issues du scanner mandibulaire

L'agencement dentaire initial de la patiente étant favorable, des empreintes dentaires de la situation initiale et la prise de l'occlusion seront ensuite réalisées puis coulées en plâtre. L'ensemble est transféré dans le logiciel SimPlant® à l'aide d'un scan optique des modèles en plâtre et de leur occlusion.

2 – Planification de la résection mandibulaire :

Les limites de la portion mandibulaire à réséquer sont définies par le chirurgien carcinologique, elles doivent être suffisamment larges pour éviter au maximum tout risque de récurrence de la tumeur. Dans ce cas la limite antérieure de la résection passe en avant du foramen mentonnier ainsi qu'en mésial de la dent 34 ; en postérieur elle emporte l'intégralité de la branche montante et du condyle. La résection est représentée en jaune sur le modèle 3D. Le type de perte de substance mandibulaire engendrée par la résection correspondra alors à une classe H de Jewer et al. avec conservation de la symphyse mentonnière. (*Figure 73*)

Anatomie originale – Résection en jaune

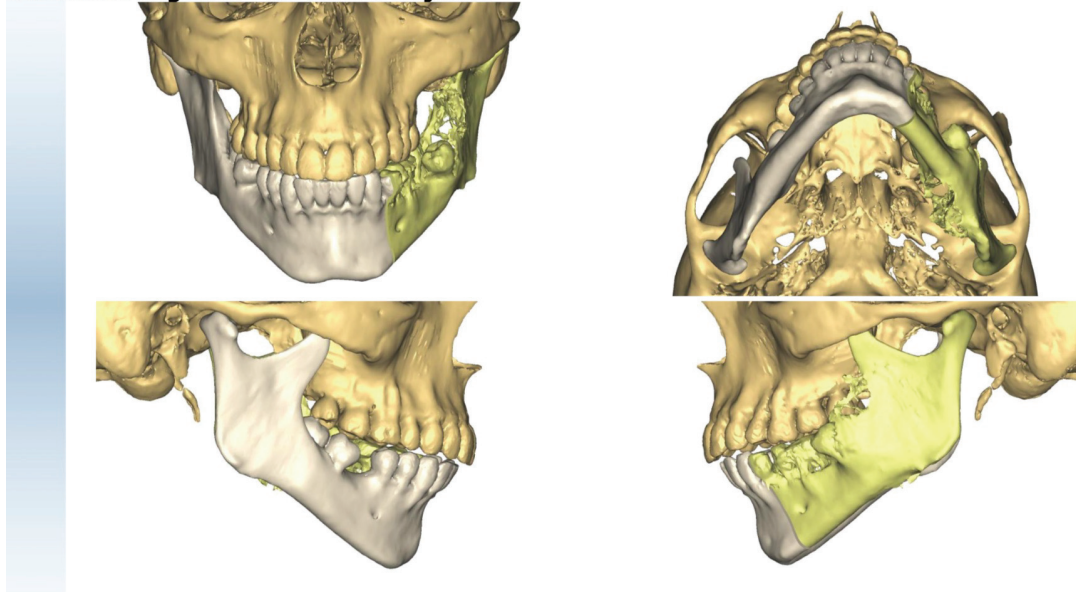
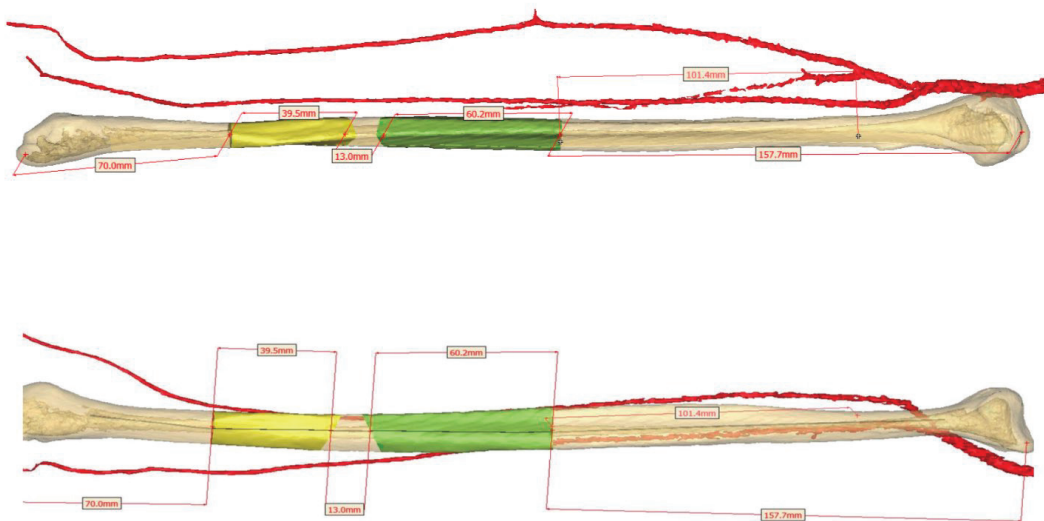


Figure 73 : Planification de la résection mandibulaire

3 – Planification de la conformation :

La portion mandibulaire à réséquer est effacée à l'aide du logiciel ProPlan CMF®. Le logiciel va alors calculer les longueurs nécessaires à prélever de fibula afin de combler précisément la perte de substance mandibulaire. Une conformation fibulaire est proposée, elle prend en compte le profil de la patiente, l'anatomie des branches horizontale et verticale de la mandibule réséquée et l'espace prothético-implantaire nécessaire à la réalisation d'une prothèse dentaire. Celle-ci reste modifiable à volonté par le chirurgien. (Figures 74-75)

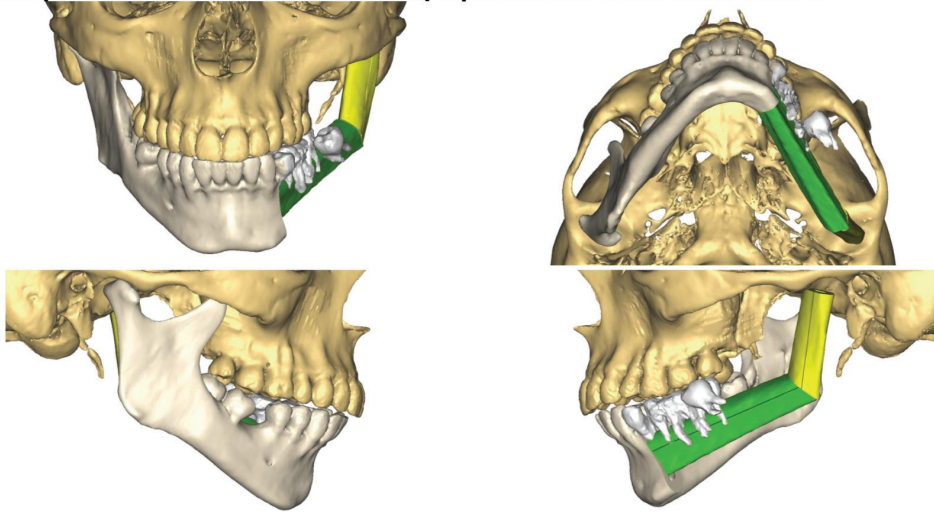
Fibula gauche



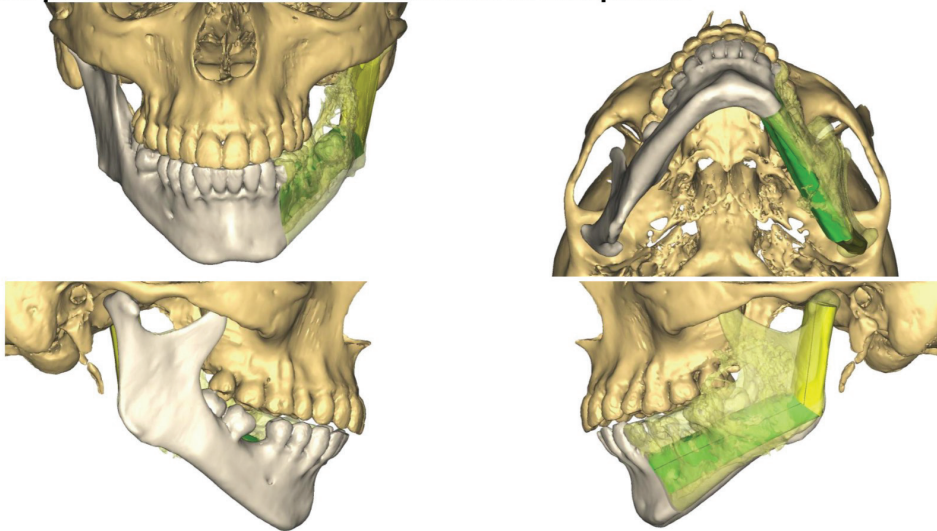
DISTAL

Figure 74 : Synchronisation des zones de coupes fibulaires avec la conformation

Anatomie planifiée – Reconstruction avec superposition des dents mandibulaires



Anatomie planifiée – Reconstruction avec résection en transparence



Anatomie planifiée – Reconstruction avec tissus mous en transparence

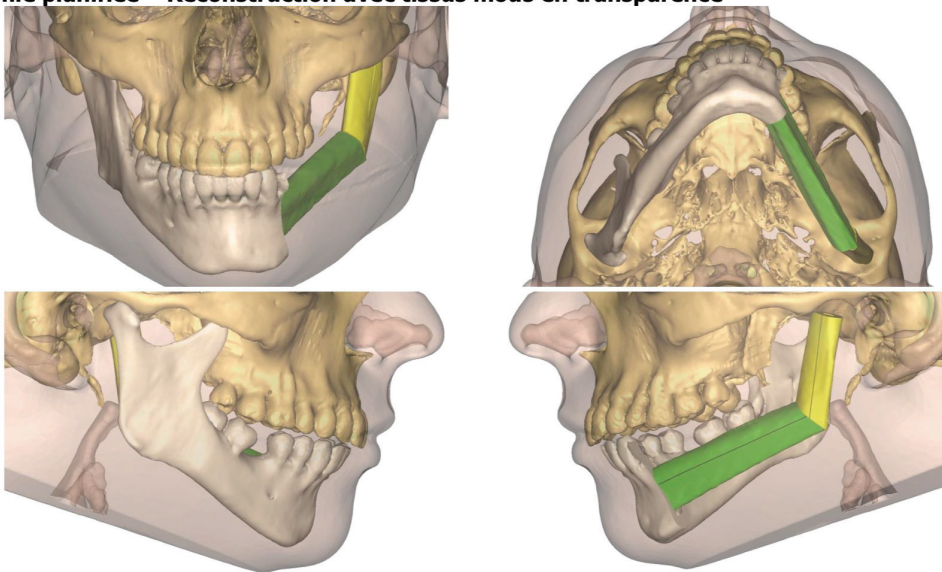


Figure 75 : Planification de la conformation fibulaire et superposition des masques

4 – Conception des plaques personnalisées, des guides de coupes et de forages implantaires

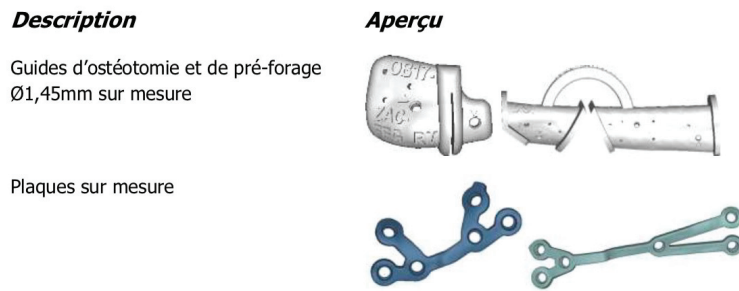


Figure 76 : Guides de coupes et plaques personnalisées à la conformation

À la mandibule un guide de découpe mandibulaire est réalisé en antérieur de la portion à réséquer. Celui-ci prend appui au niveau de la symphyse mentonnière et une rigole de découpe, positionnée en son centre, sépare la portion mandibulaire saine de celle à réséquer. Des puits de forages sont réalisés de part et d'autre de la rigole afin de stabiliser le guide à l'aide de vis et de préparer le positionnement des plaques personnalisées d'ostéosynthèse. (Figure 77)

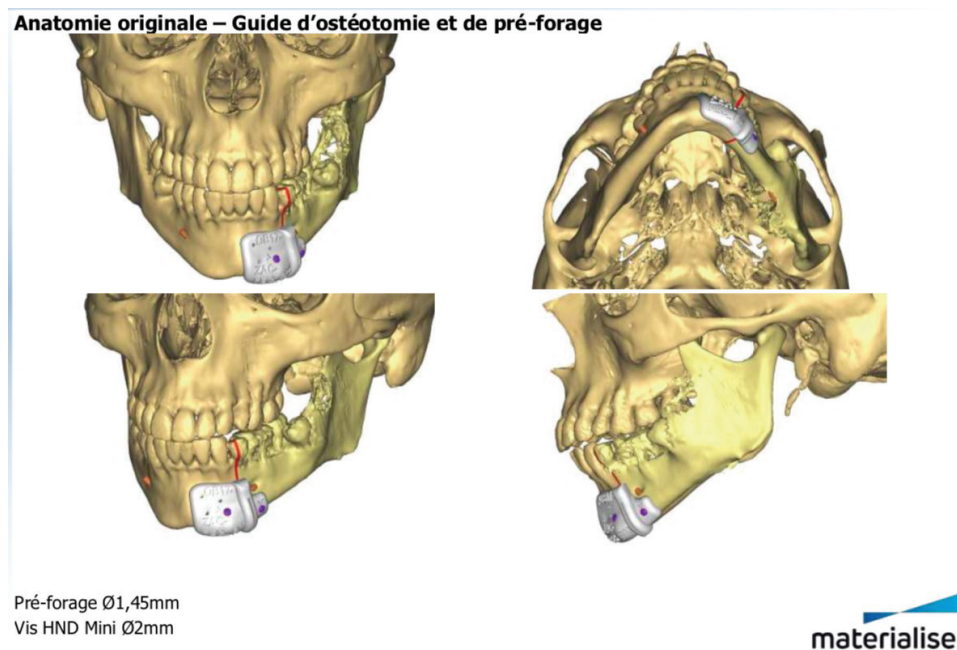


Figure 77 : Conception du guide de coupe mandibulaire

À la fibula le guide de coupe est conçu en fonction de la longueur totale à prélever et de la conformation à réaliser. Ici deux segments devront être accolés afin de mimer l'angle mandibulaire de la portion réséquée et la portion du transplant au contact de la fosse du temporal devra simuler la forme du condyle. Le guide doit donc inclure la présence d'axes de coupes obliques à la jonction entre les deux fragments permettant la réalisation d'un angle, ainsi que d'un tracé de coupe facilitant le modelage d'un condyle. Des puits de forages sont là encore positionnés au niveau des différentes portions du guide ; certains serviront à maintenir le guide en place, d'autres à forer à l'emplacement précis des vis des plaques personnalisées d'ostéosynthèse. (Figure 78)

Fibula gauche - Guide d'ostéotomie et de préforage

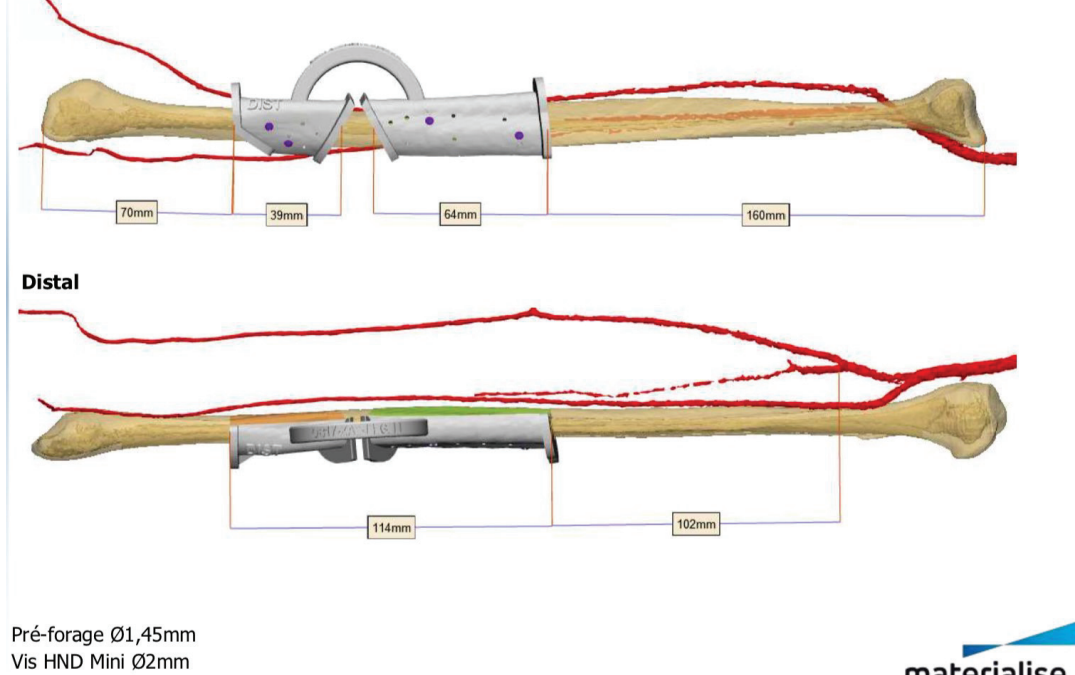
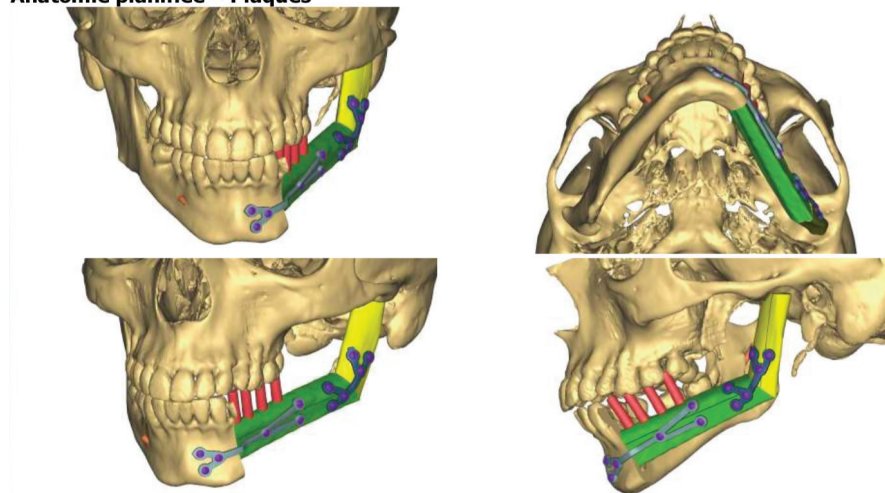


Figure 78 : Conception du guide de coupe fibulaire

Les plaques personnalisées d'ostéosynthèse sont quant à elles conçues en fonction de l'anatomie de la portion mandibulaire saine et de la conformation fibulaire. Une première plaque vient faire la jonction entre la mandibule en prenant appui sur la symphyse mentonnière gauche et le premier fragment fibulaire en décrivant un angle à l'emplacement de cette jonction. La seconde plaque permet le maintien des deux fragments fibulaires et la réalisation de l'angle mandibulaire. (Figure 79)

Les vis d'ostéosynthèse sont ensuite confectionnées en fonction de l'anatomie mandibulaire, dentaire et fibulaire ainsi que du diamètre de forage et des obstacles anatomiques.

Anatomie planifiée – Plaques



Vis HND Mini Ø2mm

Figure 79 : Conception des plaques d'ostéosynthèse et pré-planification implantaire

La planification implantaire prothétique ainsi que la conception du guide de forage implantaire sont réalisées à l'aide du logiciel SimPlant® grâce au « *matching* » entre la planification de la conformation fibulaire et les empreintes optiques du modèle mandibulaire. Les positions implantaires sont définies par l'emplacement des dents mandibulaires initialement présentes et de leurs antagonistes ainsi que par l'emplacement de la future prothèse. Ici quatre implants correspondant aux racines des dents 34, 35, 36 et 37 sont modélisés sur la conformation fibulaire et permettront le maintien de la prothèse provisoire implanto-portée.

Le guide de forage est réalisé en évitant l'emplacement prévu pour les vis d'ostéosynthèse et maintenu à l'aide de vis de fixations.

La prothèse provisoire sera conçue par le prothésiste après l'impression par prototypage rapide de la conformation fibulaire et de l'emplacement implantaire.

Protocole opératoire :

L'intervention se déroule fin octobre 2017 à l'IUFC de Nice en double équipe. L'équipe de chirurgie orale intervient quant à elle au niveau des deux sites d'intervention pour la mise en place des implants et de la prothèse supra-implantaire.

1 – Voie d'abord à la lésion

L'abord mandibulaire se fait via une incision cutanée de type Sébileau-Carrega avec préservation de la sangle musculo-cutanée labio-mentonnière.

Les muscles peauciers, abaisseurs et élévateurs de la mandibule ainsi que le sterno-cleïdo-mastoïdien sont réclinés afin d'exposer puis de libérer les tables externe et interne des branches horizontale et verticale de la mandibule. Les branches collatérales de l'artère carotide externe sont appréciées ainsi que les affluents extracrâniens de la veine jugulaire interne. (*Figure 80*)

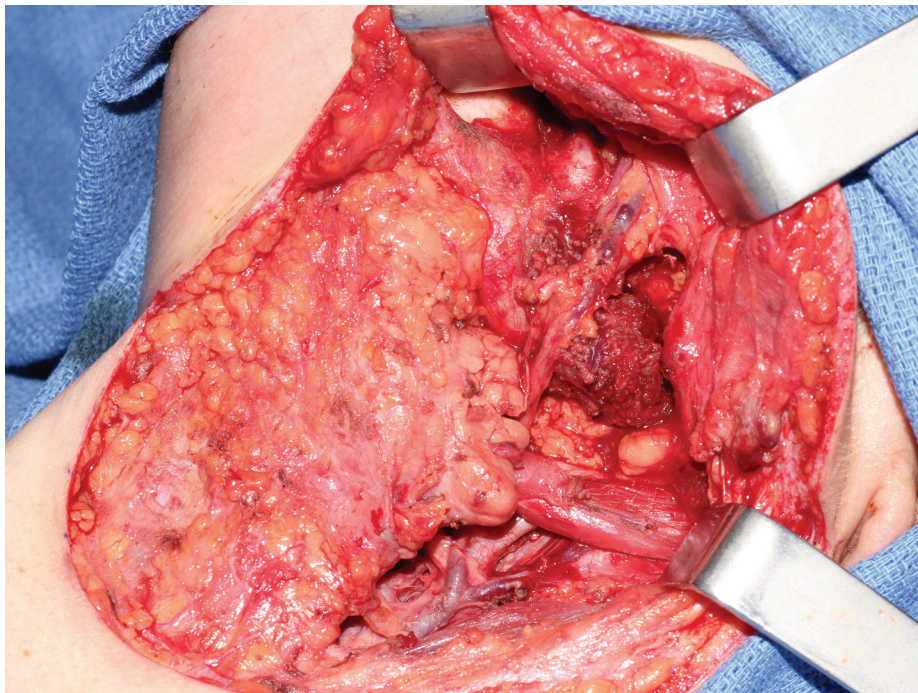


Figure 80 : Photographie voie d'abord cervico-faciale à la lésion, Dr Dassonville

2 – Mise en place du guide de coupe mandibulaire et résection

Le guide de coupe mandibulaire est positionné une fois que la portion à réséquer aura été complètement libérée de ses insertions musculaires. Il est positionné puis fixé à l'aide de minivis sur la symphyse mentonnière. Il faudra prendre garde de vérifier son ajustage et son bon positionnement. Celui-ci doit permettre une section précise de la mandibule en mésial de la dent 34 et en avant du foramen mentonnier ainsi que la réalisation des forages pour la mise en place des plaques personnalisées d'ostéosynthèses. L'ostéotomie est alors réalisée antérieurement à la lésion en suivant la rigole de découpe du guide qui sera entièrement sectionné à la fin du geste. Après l'ostéotomie la portion mandibulaire tumorale est désarticulée en temporo-mandibulaire. (*Figure 81*)

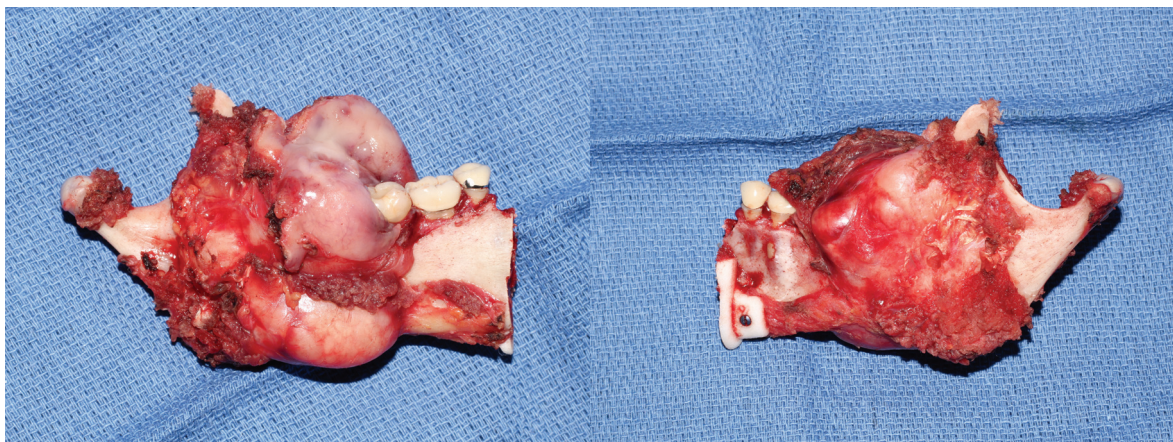
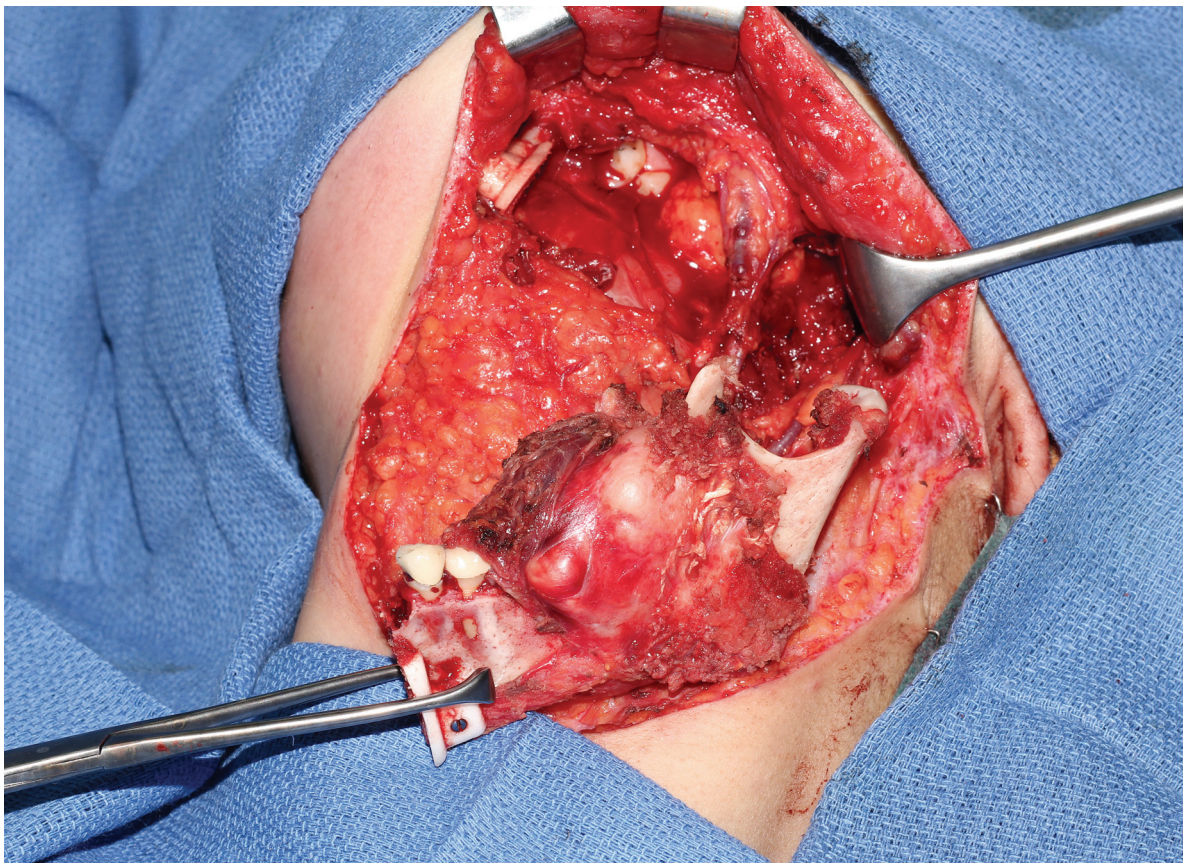


Figure 81 : Résection tumorale mandibulaire, Dr Dassonville

3 – Conformation fibulaire

Après dessin de la palette cutanée et exposition de la fibula le guide de coupe fibulaire va pouvoir être positionné puis fixé rigoureusement à son emplacement. Tout comme à la mandibule des pré-forages seront réalisés à travers le guide afin de permettre la mise en place des plaques personnalisées d'ostéosynthèse qui guideront la conformation des fragments fibulaires. Les ostéotomies sont réalisées à l'aide d'une scie oscillante puis d'un piezotome à proximité du pédicule vasculaire en suivant les axes de coupes. Les différentes portions fibulaires sont ensuite assemblées suivant la planification numérique de la conformation voulue tout en restant vascularisées par le pédicule vasculaire encore intact. (*Figure 82*)

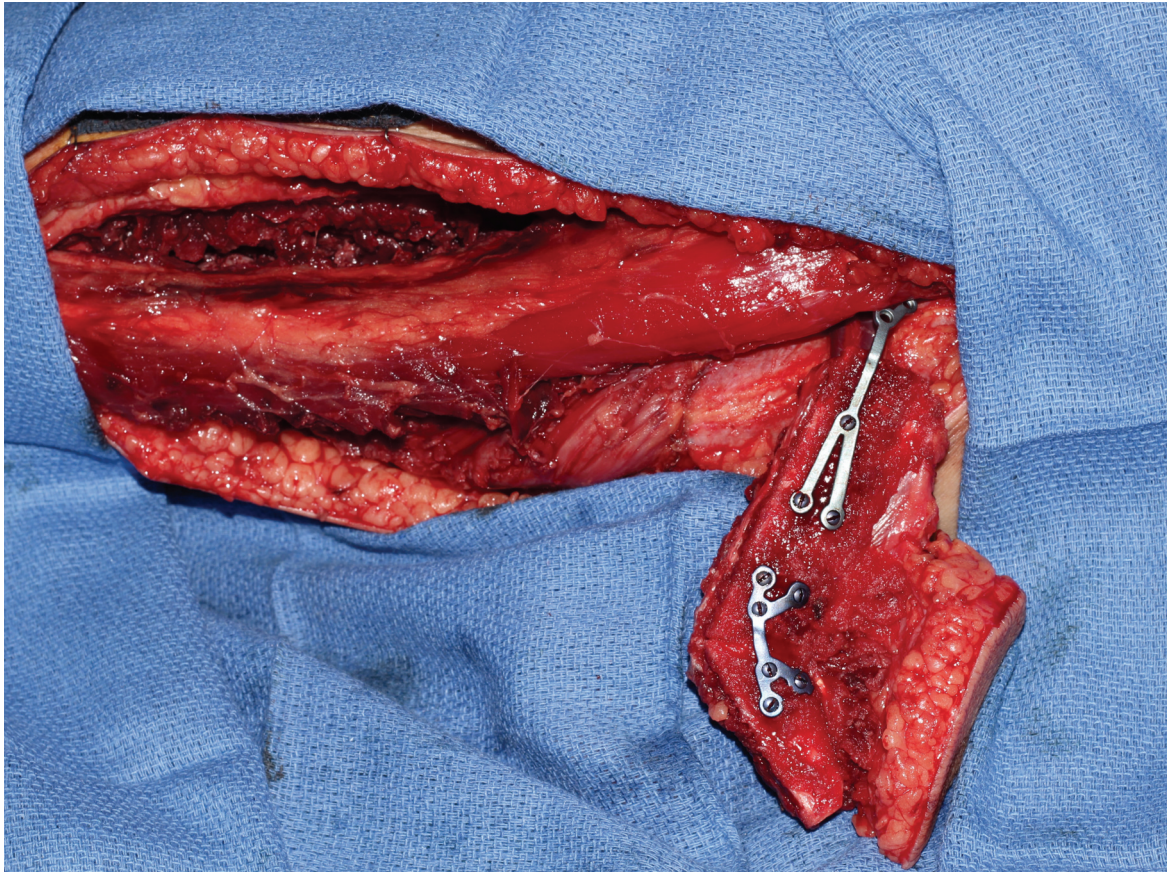


Figure 82 : Conformation du lambeau de fibula pédiculé, Dr Poissonnet

4 – mise en place du guide de forage implantaire

Le guide de forage implantaire SAFE®, conçu par le prothésiste de Dental Design sur logiciel SimPlant® et imprimé par la société Dentsply-Sirona, est placé puis fixé par des vis d'ancrages sur la fibula une fois que la conformation aura été stabilisée par les plaques d'ostéosynthèse. (*Figure 83*)

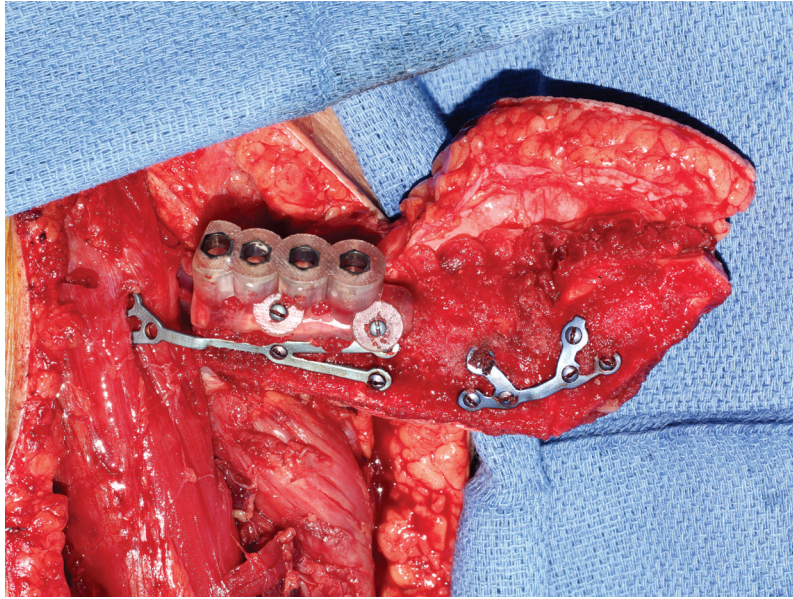


Figure 83 : Fixation du guide de forage implantaire sur la conformation fibulaire, Dr Savoldelli

5 – Mise en place des implants

La mise en place des implants est effectuée à travers le guide sur un lambeau toujours pédiculé afin de diminuer le temps d'ischémie. Dans un premier temps les forets implantaires sont guidés puis stoppés à la profondeur souhaité grâce aux gaines d'enfoncement et de contrôle des axes du guide de forage SAFE®. L'os fibulaire étant bien plus dense que l'os alvéolaire mandibulaire, la rotation appliquée par le moteur sur les forets implantaires devra être exceptionnellement comprise entre des valeurs allant de 5000 à 40000 tours par minutes. La mise en place des implants Ankylos® de la marque Dentsply-Sirona à travers le guide est quant à elle effectuée de manière plus conventionnelle avec un torque allant de 35 à 60 Ncm et une rotation de 15 tours par minutes. (*Figure 84*)

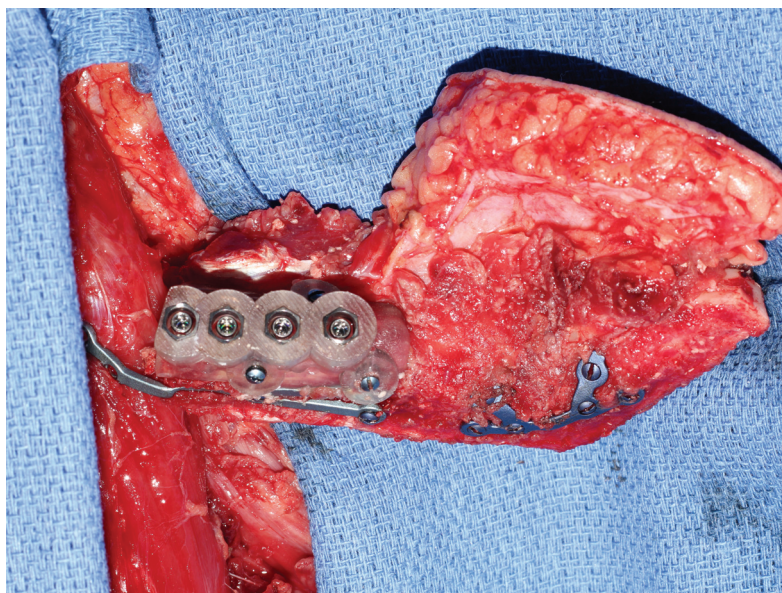


Figure 84 : Mise en place des implants à travers le guide, Dr Savoldelli

Le guide est ensuite retiré afin de vérifier la mise en place correcte des implants et d'apprécier le parallélisme des piliers porte-implants. (*Figure 85*)

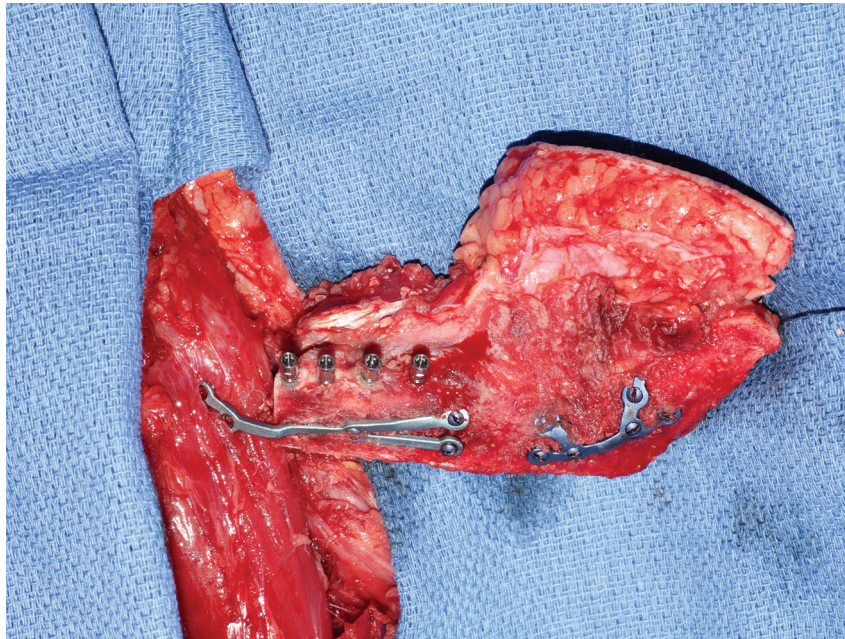


Figure 85 : Parallélisme des piliers porte-implants

6 - Mise en place de la prothèse supra-implantaire

Les piliers provisoires cylindriques sont positionnés immédiatement après le retrait des piliers porte-implants. Ils permettront la rétention de la prothèse provisoire. (*Figure 86*)

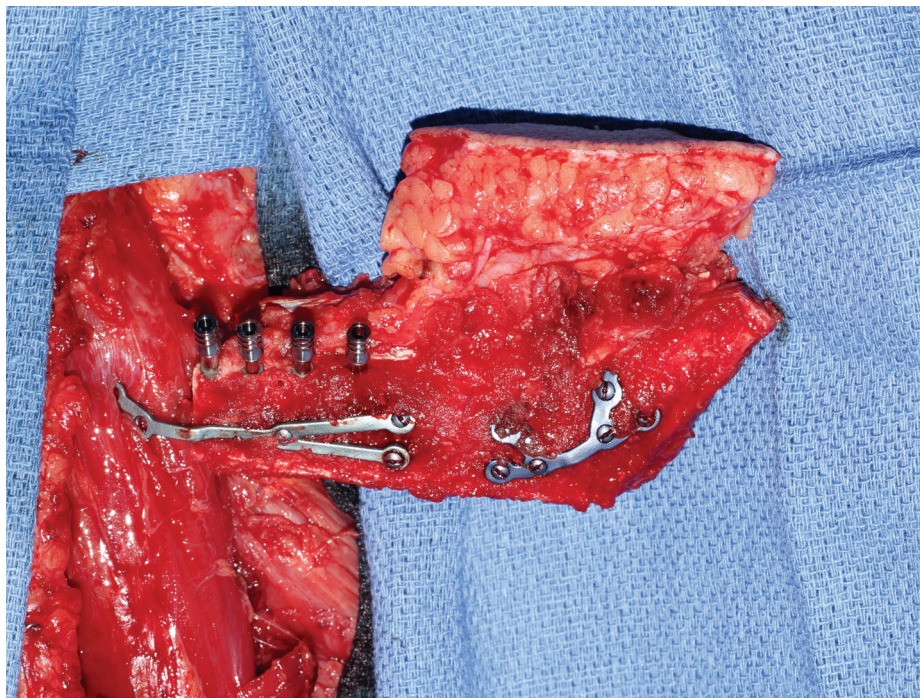


Figure 86 : Positionnement des piliers cylindriques temporaires

La prothèse provisoire réalisée en amont sur le modèle stéréolithographique de la reconstruction par le prothésiste est ensuite placée sur les pilier afin de contrôler la bonne adaptation générale de l'ensemble piliers/prothèse. (Figure 87)

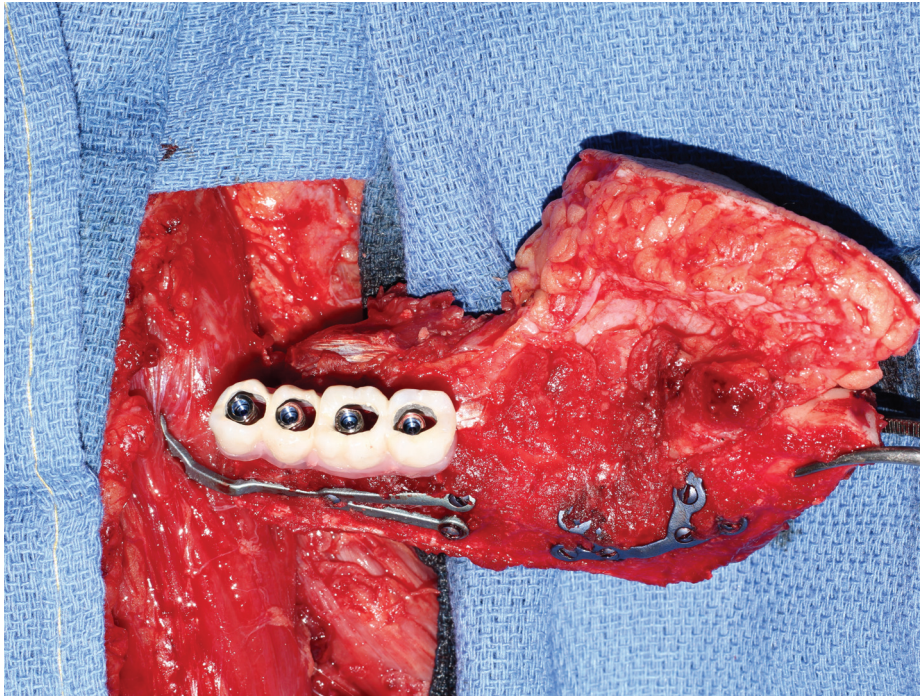


Figure 87 : Essayage de la prothèse provisoire implanto-portée immédiate, Dr Savoldelli

Le transplant libre de fibula est ensuite libéré de son site donneur puis comparé à la pièce anatomique réséquée. Un rinçage du greffon avec une solution héparinée sera effectué durant toute la période de transfert et de préparation de l'artère faciale (artère donneuse cervicale).

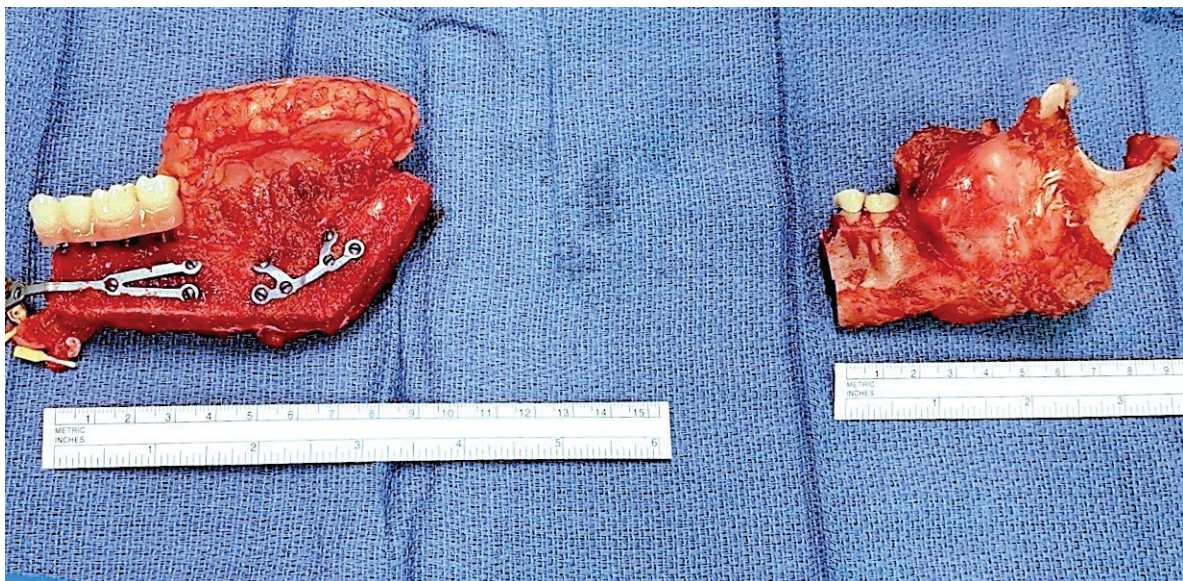


Figure 88 : Comparaison du greffon et de la portion réséquée

Le lambeau de fibula est ensuite positionné en bouche puis fixé à l'aide des plaques personnalisées à son site receveur. À ce moment là une première tentative de réalisation des micro-anastomoses est effectuée mais l'équipe chirurgicale constate une traction importante de l'artère péronnière, facteur de risque de nécrose du lambeau. Le transplant est ensuite déposé afin de libérer du jeu entre les artères péronnière et faciale. Cela a pour conséquence d'entraîner une augmentation non négligeable du temps d'ischémie.

L'ostéosynthèse complète du lambeau se fera avant la réalisation de micro-anastomoses sans tractions ainsi qu'après l'essayage et la validation occlusale de la prothèse supra-implantaire qui sera scellée aux piliers.

Au niveau du membre inférieur une greffe de peau mince cutanée s'avérera nécessaire au moment de la fermeture du site opératoire.

Suivi post-opératoire :

À quelques jours post-opératoires observation d'un échec de la vascularisation du lambeau de fibula, une intervention de réfection des anastomoses artérielles est programmée n'aboutissant pas à l'amélioration de la situation clinique et entraînant la nécrose du transplant. Un rattrapage chirurgical est alors réalisé à l'aide d'un deuxième transplant libre de fibula controlatéral sans implants.



Figure 89 : Situation dento-prothétique avant réfection des anastomoses

Remarque : la réussite d'une intervention avec un tel niveau de complexité et d'exigence laisse peu de place aux aléas opératoires. La réussite de la mise en fonction de la prothèse sera conditionnée par la réussite de chacune des étapes opératoires et des choix pré-opératoires.

II. DEUXIEME CAS

Reconstruction mandibulaire associée à une réhabilitation implantaire avec mise en fonction prothétique immédiate (70)(107).

Cas suivi par l'équipe pluridisciplinaire de l'Institut Universitaire de la Face et du Cou de Nice ainsi que par le laboratoire dentaire Dental Design.

Il s'agit d'un jeune patient de 31 ans en bonne santé présentant une récurrence d'un améloblastome de l'ensemble de la branche horizontale gauche et de la région parasymphysaire droite.

L'histoire de la maladie est connue :

- énucléation d'une lésion à allure kystique en regard de la 37 en 2005 ;
- récurrence en 2010, traitement par énucléation et mise en place d'un greffon de crête iliaque avec une plaque de titane pour palier à la fragilité mandibulaire ;
- après une surveillance de 3 ans disparition du patient et récurrence massive en 2016.

Cliniquement : présence d'une tuméfaction vestibulaire et linguale de la branche horizontale gauche avec suppuration de consistance à la fois dure et rénitente. (*Figure 90*)

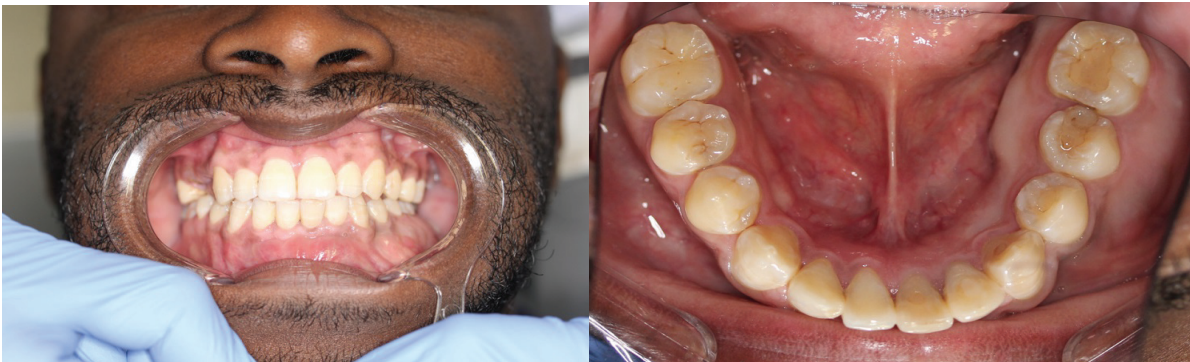


Figure 90 : Situation occlusale et mandibulaire initiale, récurrence massive de l'améloblastome

Le scanner maxillo-facial nous montre une tumeur radioclaire polygédrique avec un aspect en « bulles de savon » caractéristique d'un améloblastome comprenant l'ensemble de la brache horizontale gauche et se prolongeant jusqu'à la région parasymphysaire droite. On remarque également une rupture de la continuité du bord basilaire à certains endroits ainsi qu'une soufflure des corticales et la présence de calcifications intra-tumorales. (*Figure 91*)

À la radiographie panoramique observation d'un déplacement dentaire du bloc insisivo-canin mandibulaire et visualisation globale de la lésion. (*Figure 91*)

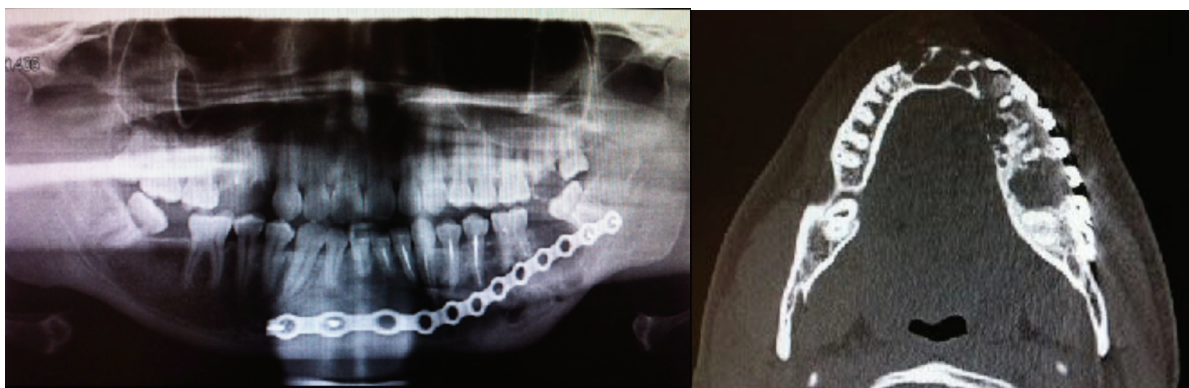


Figure 91 : Radiographie panoramique et scanner pré-opératoire de la récurrence de 2016

Le choix de la thérapeutique se porte sur une mandibulectomie interruptrice avec une marge de sécurité de 1cm au minimum. Celui de la reconstruction mandibulaire se porte sur l'utilisation assistée par ordinateur d'un transplant vasculaire libre de fibula avec une mise en place primaire des implants et une mise en fonction immédiate d'une prothèse provisoire transvissée.

Phase de planification numérique :

1 – Acquisition et segmentation :

Le fichier DICOM du scanner mandibulaire est transféré dans le logiciel ProPlan CMF® et la segmentation des masques est effectuée. (Figure 92)

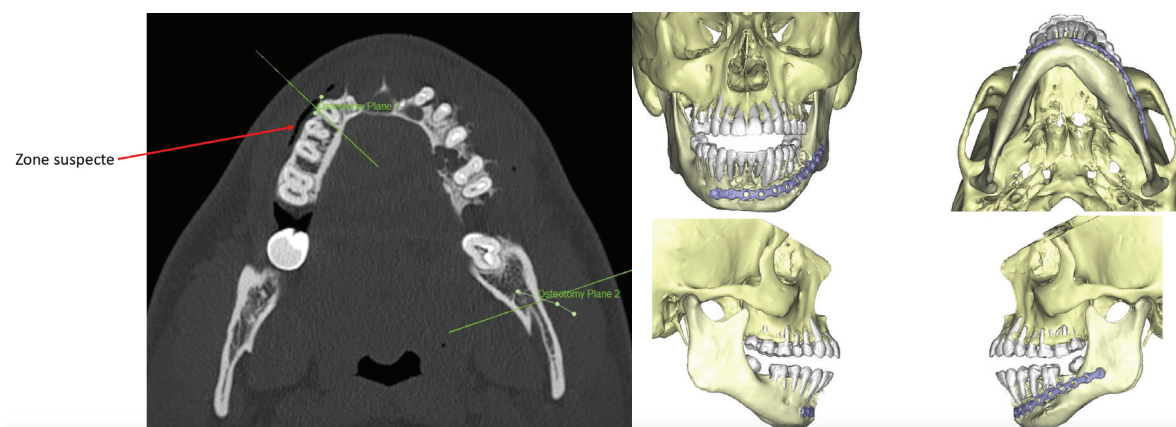


Figure 92 : Acquisition de l'imagerie médicale et segmentation dans ProPlan CMF®

2 – Planification de la résection mandibulaire :

La limite de la résection est déterminée dans le secteur 4 par un trait d'ostéotomie en mésial de la dent 44 et dans le secteur 3 en distal de la dent de sagesse 38 à la jonction entre les branche horizontale et verticale de la mandibule. La résection est représentée en jaune sur le modèle 3D. Le type de perte de substance mandibulaire engendré par la résection correspondra alors à une classe CL de Jewer et al. avec conservation de la branche verticale gauche. (*Figure 93*)

Anatomie originale – Résection en jaune

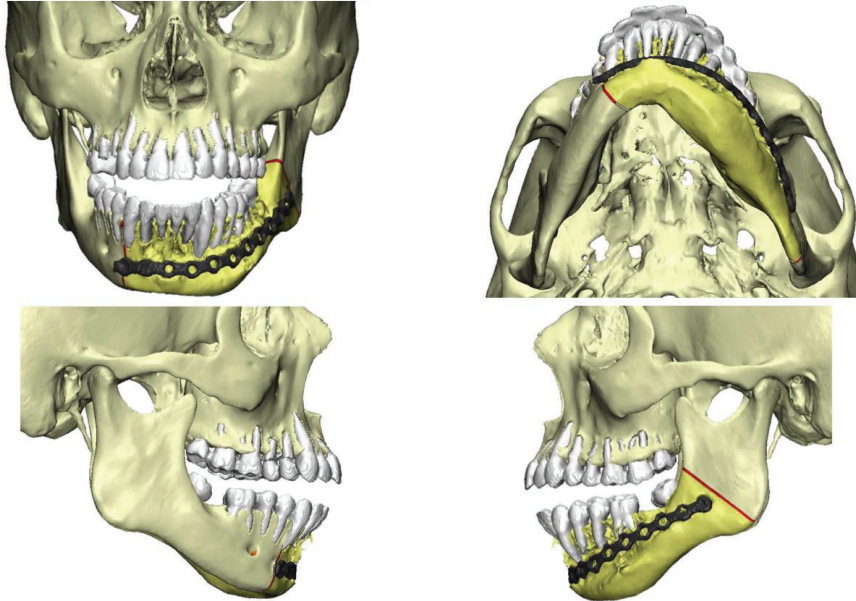


Figure 93 : Planification des traits d'ostéotomies mandibulaires

3 – Planification de la conformation fibulaire

La conformation fibulaire est calculée par le logiciel ProPlan CMF® pour correspondre exactement à la PDS mandibulaire planifiée. Celle-ci sera réalisée à l'aide des différents masques issus de la portion résequée ainsi que d'une première pré planification implanto-prothétique. (*Figures 94-95-96*)

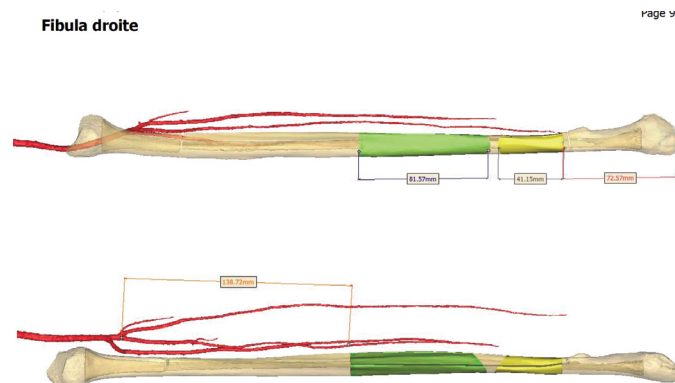


Figure 94 : Calcul de la conformation fibulaire

Reconstruction avec fibula droite – résection en transparence

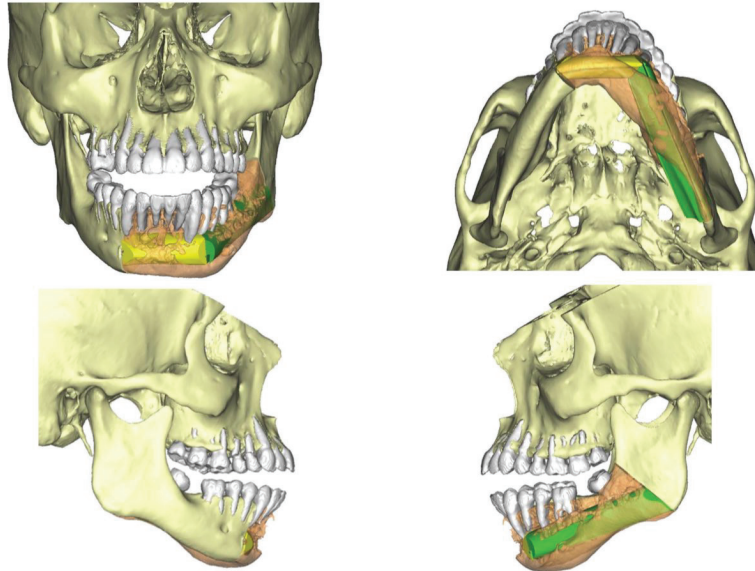


Figure 95 : Conformation fibulaire en fonction de l'arcade initiale

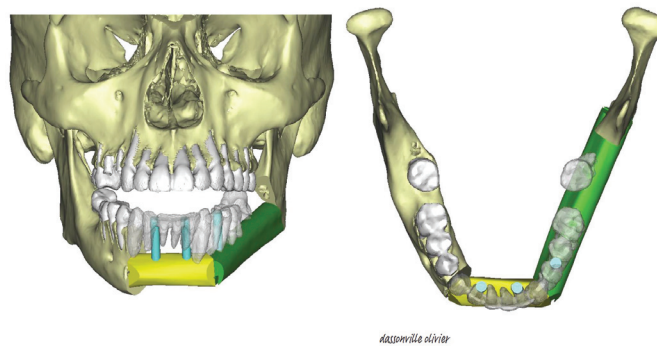


Figure 96 : Pré-planification du pointage implantaire et adaptation de la conformation fibulaire

4 – Conception des plaques personnalisées, des guides de coupes et de forages implantaires

Description

Guides d'ostéotomie et de pré-forage
Ø1,45mm

Plaques sur mesure

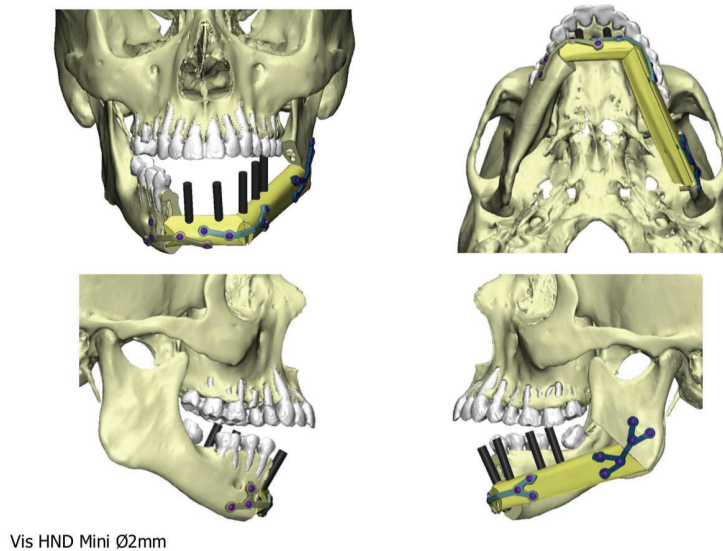
Aperçu



Figure 97 : Conception des guides d'ostéotomies et des plaques sur mesure

La conception des plaques d'ostéosynthèse est réalisée une fois que la conformation fibulaire aura été validé par une pré-planification du positionnement implantaire. Dans cette situation trois plaques s'avéreront nécessaire à la stabilisation de la conformation et à la fixation du greffon à la mandibule. Une première plaque fait la jonction entre la branche horizontale droite et la portion antérieure de la conformation ; la seconde permet l'accolement des deux portions fibulaires et la dernière fixe la partie horizontale fibulaire à la branche montante gauche. (*Figure 98*)

Reconstruction planifiée – Plaques sur mesure

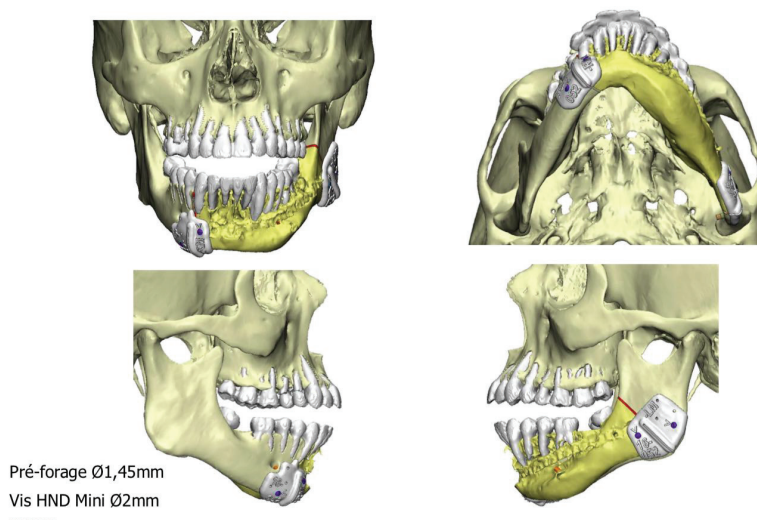


Vis HND Mini Ø2mm

Figure 98 : Conception des plaques associées à la conformation fibulaire

Deux guides de coupes mandibulaires sont conçus afin de faciliter les tracés d'ostéotomies : le premier prend appui au niveau du bord inférieur de la symphyse mentonnière droite ; le second au niveau de la tubérosité massétérique gauche. Tous les deux possèdent en leur centre des rigoles de coupes mandibulaires ainsi que des puits de forages pour les vis d'ostéosynthèse et de maintien du guide. (*Figure 99*)

Anatomie originale – Guides d'ostéotomie et de pré-forage



Pré-forage Ø1,45mm
Vis HND Mini Ø2mm

Figure 99 : Guides de coupes mandibulaires et de forages des vis d'ostéosynthèse

La fibula droite est choisie pour la qualité de son artère péronière. Le guide de coupe est conçu pour façonner et faciliter la conformation fibulaire. Il doit permettre la réalisation de l'angle symphysaire mentonnier gauche ainsi que l'adaptation parfaite aux branches horizontale droite et verticale gauche. (Figure 100)

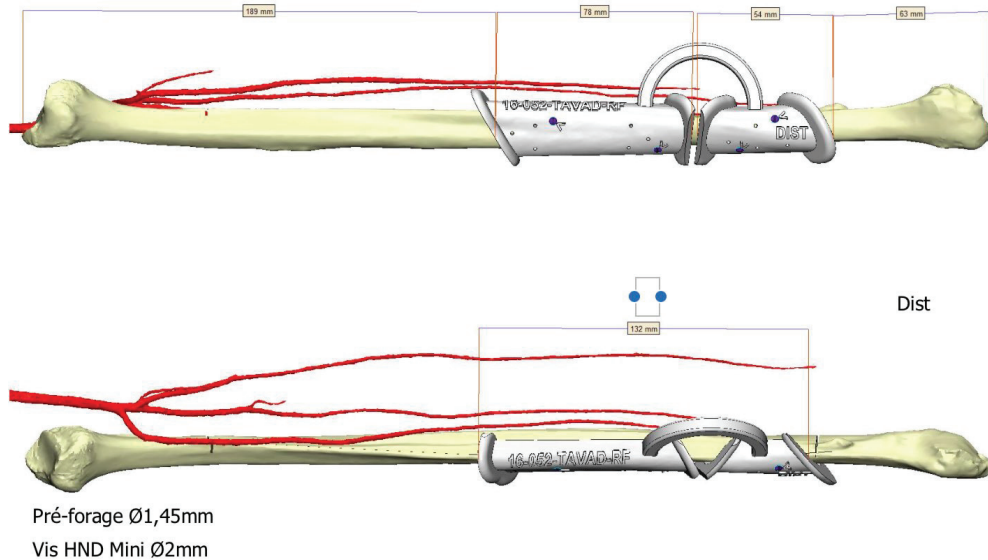


Figure 100 : Guide de coupe fibulaire et trajet de l'artère péronière

La situation occlusale initiale du patient étant favorable, des empreintes à l'alginate de ses arcades dentaires sont réalisées et son occlusion est enregistrée. Elles seront coulées en plâtre puis transférées dans le logiciel SimPlant® à l'aide d'une empreinte optique des modèles. Cette étape peut être également réalisée directement en bouche avec une caméra optique intra-buccale. La planification de la conformation fibulaire obtenue dans ProPlan CMF® est également synchronisée dans SimPlant® (Figure 101).



Figure 101 : Exportation du fichier .STL de la conformation obtenue dans ProPlanCMF®

La superposition de la conformation fibulaire avec la situation dentaire initiale permet de planifier une position implantaire favorisant la conception d'une prothèse proche de la situation initiale. On peut noter ici la présence des émergences implantaire ajoutées au départ sur la reconstruction mandibulaire avant le scannage du modèle en plâtre.

Lors de cette étape, le prothésiste met en évidence la position extra-prothétique des implants dentaires 42 et 32 qui sont alors inexploitable. Leur position a donc été modifié et l'emplacement des implants 31 et 35 supprimé. Cinq implants correspondants aux racines des dents 37, 36, 34, 32, 42 sont ainsi modélisés et permettront la mise en place de la prothèse implanto-portée. (Figure 102)

La prise de la teinte dentaire sera également effectuée avant l'intervention pour une correspondance à l'identique de la future prothèse. (Figure 103)

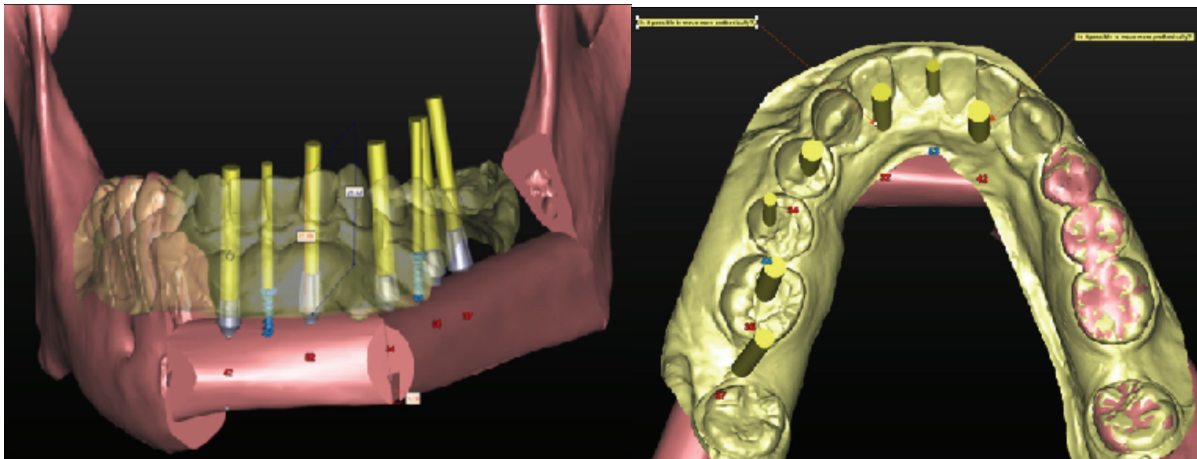


Figure 102 : Planification implantaire dans SimPlant® et matching de la conformation fibulaire avec une empreinte optique de la situation initiale, images Hauschild Uli (70)



Figure 103 : Enregistrement de la teinte dentaire avant réalisation de la prothèse

Le guide de forage implantaire SAFE® est conçu après réalisation de la planification implantaire. Le fichier .STL de conception du guide est ensuite transféré via SimPlant® aux équipes de Dentsply-Sirona pour sa fabrication par Stéréolithographie. Ce guide s'adapte parfaitement à la conformation fibulaire pour assurer un positionnement et un enfoncement implantaire précis. Un prototypage rapide de la conformation fibulaire sera réalisé pour confirmer la bonne adaptation du guide et faciliter la réalisation de la prothèse. (Figure 104)

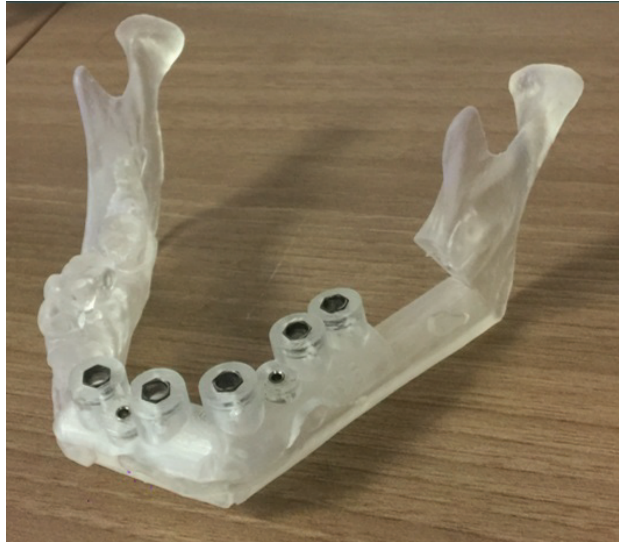


Figure 104 : Modèle stéréolithographique de la conformation fibulaire planifiée et essayage du guide de forage implantaire SAFE®, image Hauschild Uli

Étapes opératoires :

1 – Mise en place des guides de coupes mandibulaire et résections

La voie d'abord est prolongée de part et d'autre de la mandibule afin d'améliorer la visibilité du site et de faciliter la résection. La mise en place des guides de coupes de part et d'autre de la résection est réalisée une fois que la portion mandibulaire à résecter aura été libérée de ses insertions musculaires. À ce stade le pédicule facial donneur est nettement repérable.

Les guides seront positionnés puis fixés à la mandibule après repérage de leurs emplacements. Les ostéotomies sont réalisées à travers les rigoles de coupes et la mandibule pathologique est résectuée. (*Figure 105*)

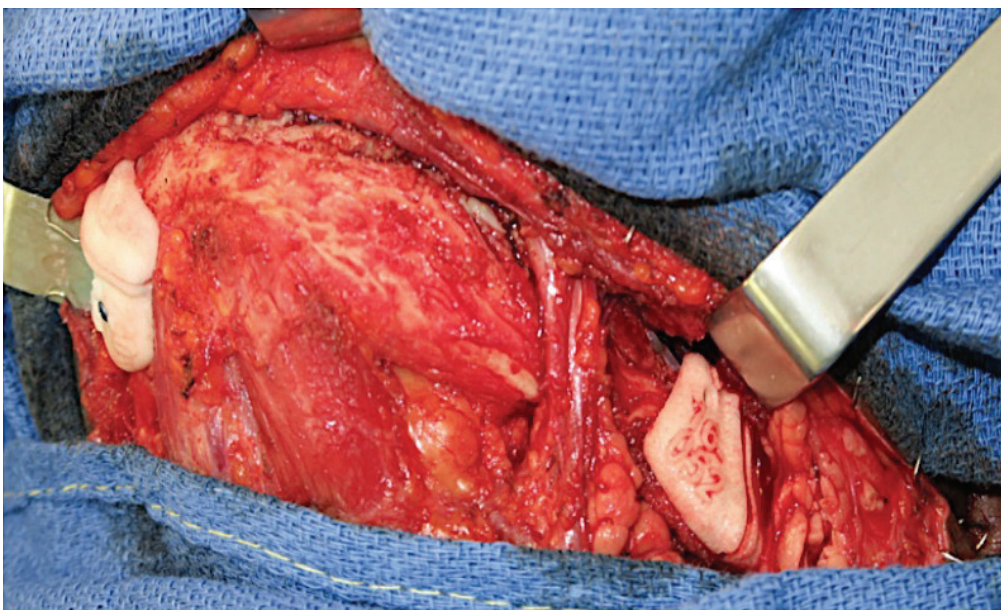


Figure 105 : Mise en place et fixation des guides de coupes mandibulaires par le Dr Dassonville

2 – Mise en place des implants dentaires dans la conformation fibulaire

La conformation de la fibula est produite après l'ostéotomie de ses segments à l'aide du guide de coupe et figée par une plaque personnalisée d'ostéosynthèse. Il est à noter que chez ce patient la faible quantité et la mauvaise qualité des artères communicantes n'ont pas permis le prélèvement de la palette cutanée.

Le guide de forages implantaires SAFE® est positionné sur la conformation fibulaire puis stabilisé par des vis d'ancrages. Les séquences de forages sont réalisées pour chaque puit avec des vitesses de rotations pouvant atteindre les 40000 t/min dans le cas de forte densité osseuse rencontrée par cette structure bicorticale. La procédure de mise en place des implants Ankylos® s'effectue également à l'aide du guide de forage, leurs enfoncements se font avec une vitesse plus conventionnelle de 15 t/min avec un torque allant de 35 à 60 Ncm.

L'utilisation du guide SimPlant® est la meilleure garantie du bon positionnement implantaire en accord avec les impératifs prothétiques. (*Figures 106-107-108*)

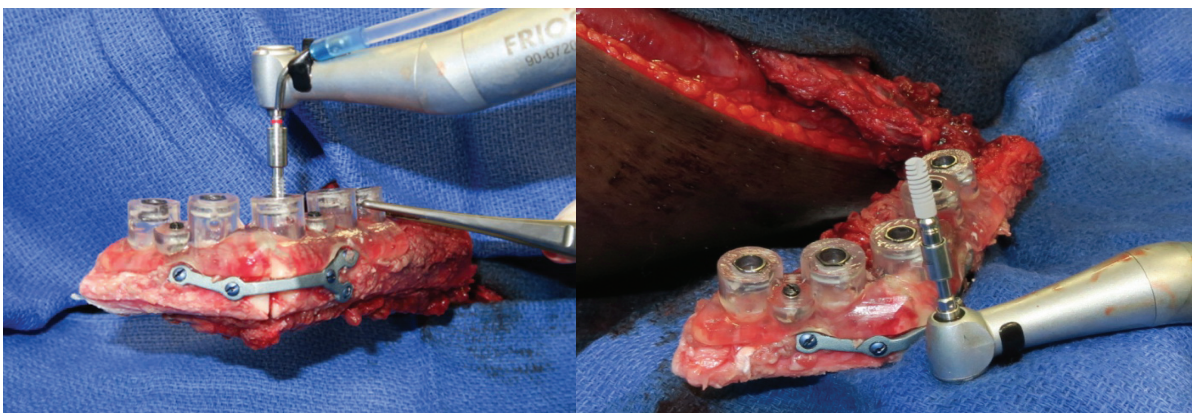


Figure 106 : Forages et mise en place des implants Ankylos® par le Dr Savoldelli à travers le guide de forage dans l'os de fibula toujours pédiculé à la jambe

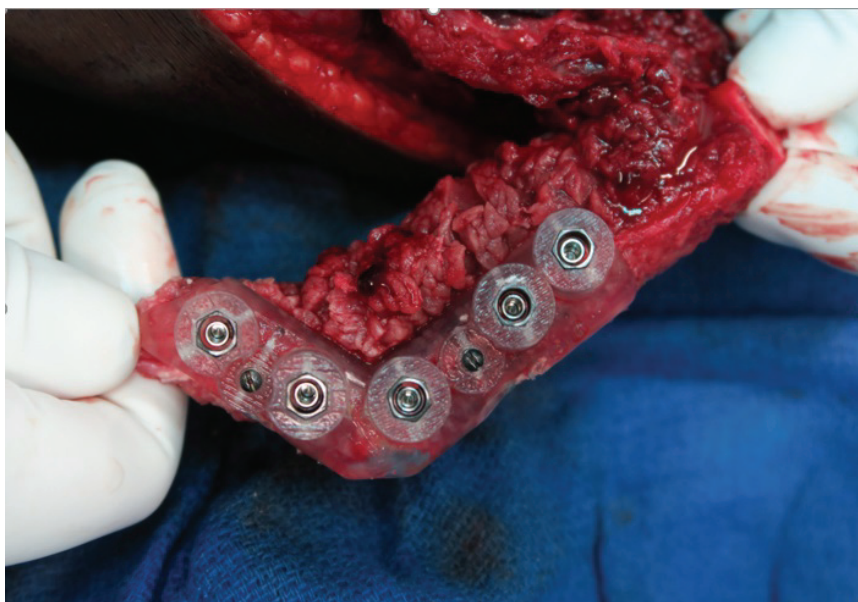


Figure 107 : Implants dentaires positionnés à travers le guide de forage

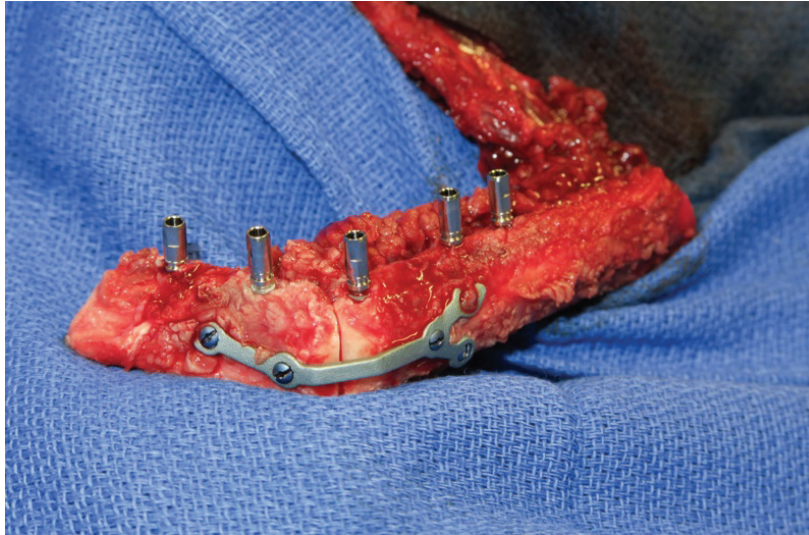


Figure 108 : Axes de positionnement des piliers porte-implants après retrait du guide

3 – Positionnement de la prothèse supra-implantaire

Des piliers trans-gingivaux Balance Base ABUTMENT® de 4,5mm de hauteur sont positionnés après le retrait des piliers porte-implants et sont torqués de façon définitive. Des coiffes de rétentions pour piliers Balance Base C qui feront office de piliers provisoires sont placés sur les ambases multi unit et permettront la stabilisation et la rétention de la prothèse provisoire. Le positionnement parallèle de ces piliers facilitera l'insertion de la prothèse supra-implantaire. (*Figure 109*)

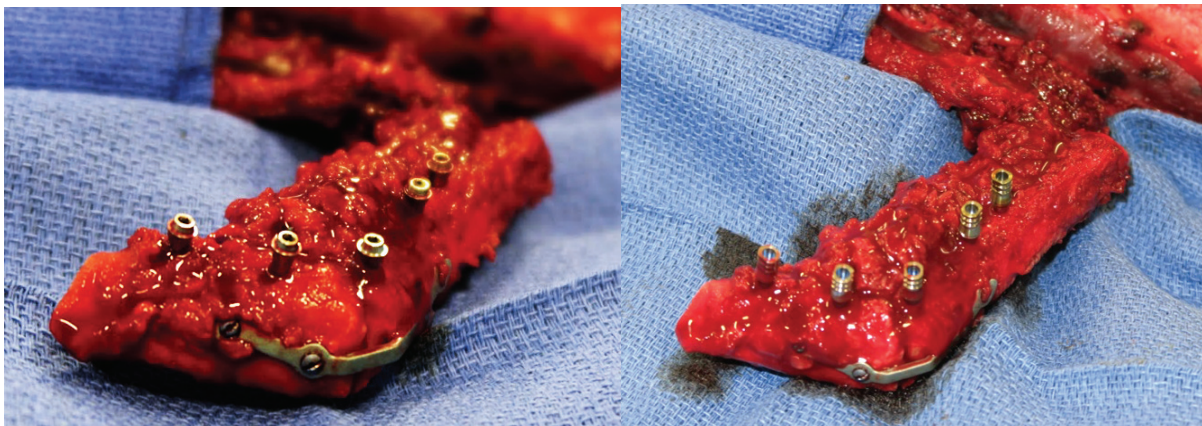


Figure 109 : Positionnement des piliers provisoires cylindriques

La prothèse est ensuite essayée sur le lambeau toujours pédiculé. Elle est préparée à partir de planification implantaire et conçue après impression de modèles stéréolithographiques de la conformation fibulaire en fonction du placement implantaire et de l'arcade antagoniste. (*Figure 110*)

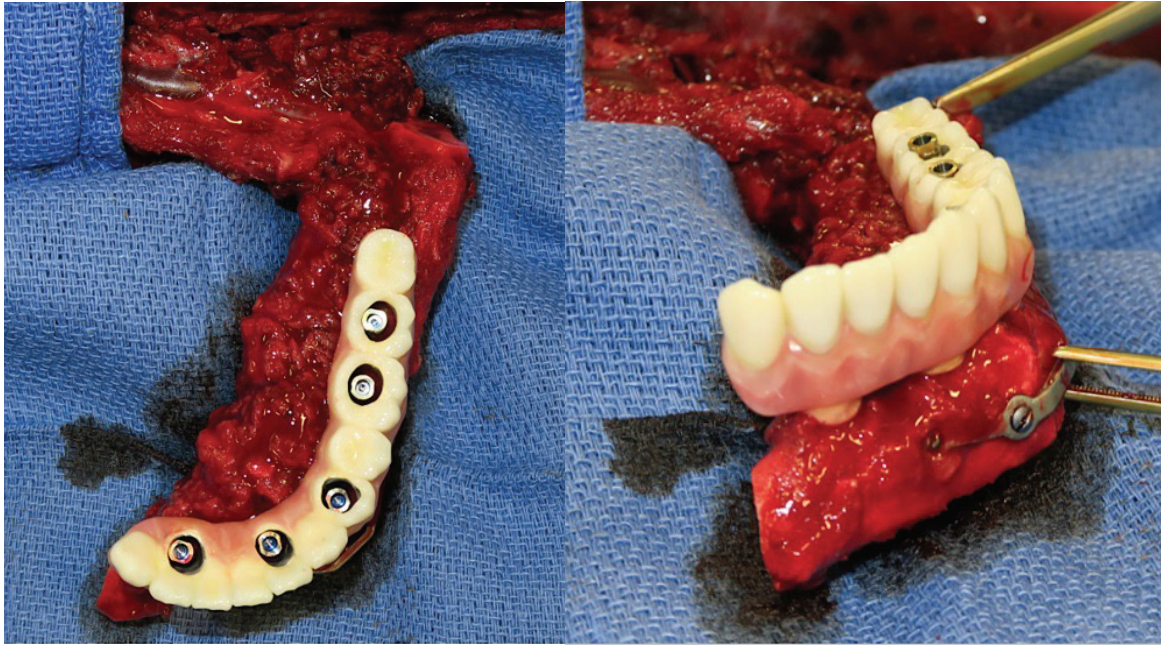


Figure 110 : Essayage de la prothèse supra-implantaire, Dr Savoldelli

Une comparaison de la courbe occlusale de Spee entre la reconstruction implanto-prothétique fibulaire et la pièce tumorale mandibulaire réséquée est réalisée et le lambeau libre sera rincé avec une solution héparinée après le clampage de ses vaisseaux. (*Figure 111*)

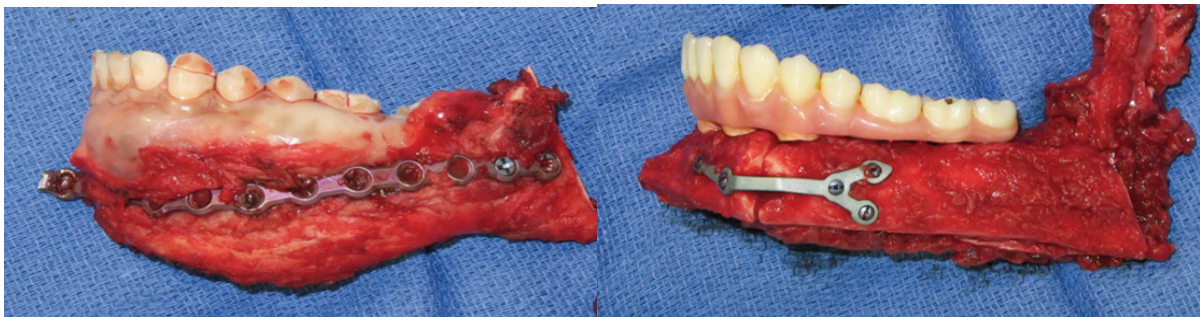


Figure 111 : Comparaison de la reconstruction et de la résection tumorale mandibulaire

Le lambeau peut être positionné en bouche une fois que le site receveur artériel aura été préparé. Dans un premier temps la prothèse est positionnée en bouche afin de confirmer l'adaptation occlusale de l'ensemble par un blocage maxillo-mandibulaire entre la prothèse et une minivis orthodontique placée en vestibulaire des racines des dents 11 et 21. Ce verrouillage occlusal permettra de stabiliser l'occlusion du patient avant la réalisation de l'ostéosynthèse complète du lambeau. Les anastomoses des vaisseaux cervicaux avec ceux du greffon sont ensuite réalisées, elles sont de type termino terminales avec l'artère faciale et l'artère péronière couplées à deux veines faciales. Après validation, la prothèse sera scellée sur chacun des piliers provisoires à l'aide d'une résine auto et photopolymérisable stérile puis déposée afin de faciliter les sutures des tissus mous. (*Figure 112*)

L'intervention se termine par le contrôle de la bonne vascularisation du greffon, puis pas la fermeture des plans buccaux et cervicaux. À la fin de l'intervention la prothèse pourra être revissée en bouche.

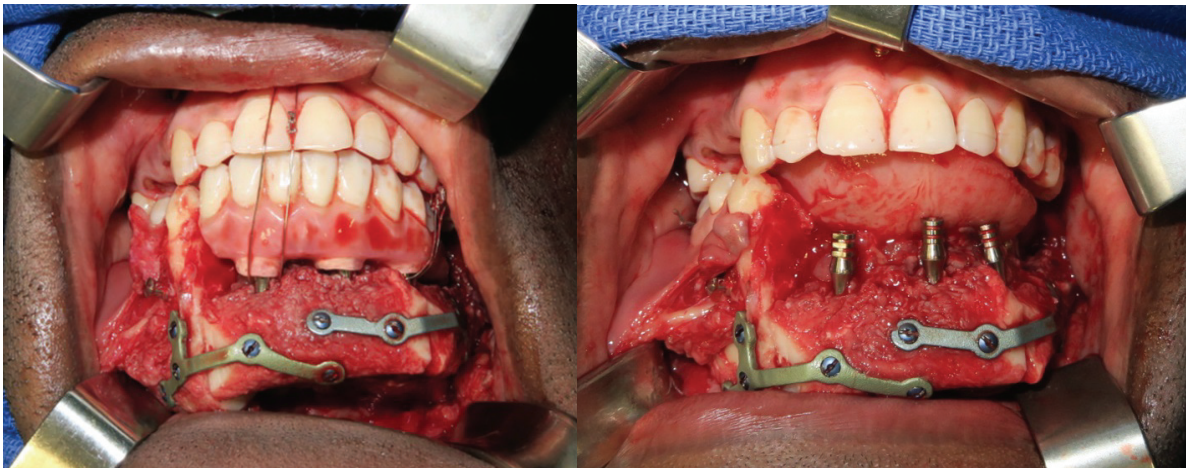


Figure 112 : Essayage en bouche de la prothèse, validation de l'occlusion, ostéosynthèses et dépose de la prothèse avant sutures

Suivi post-opératoire :

Une radiographie panoramique est réalisée en post-opératoire afin de confirmer le bon ajustage entre les implants, les piliers et la prothèse ainsi qu'entre la conformation fibulaire et les branches droite et gauche mandibulaire de façon grossière. Un scanner permettra quant à lui de visualiser précisément l'ensemble de la reconstruction et facilitera la comparaison du rendu opératoire avec la planification. (*Figures 113-114*)



Figure 113 : Radiographie panoramique post-interventionnelle

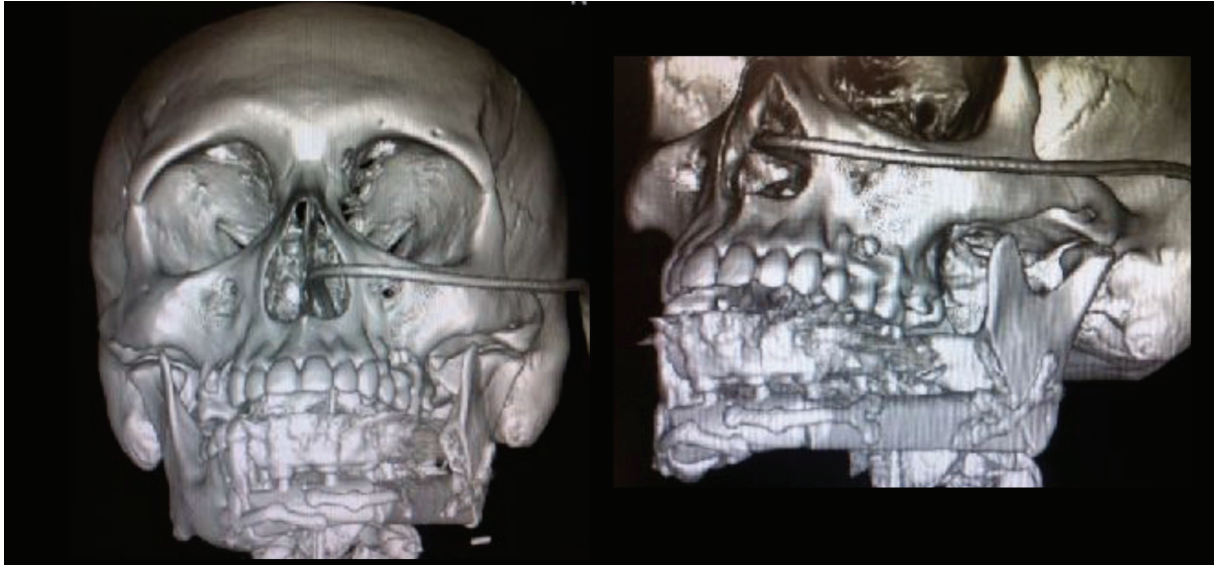


Figure 114 : Scanner post-interventionnel

En post-opératoire immédiat, reprise alimentaire molle strictement orale à 5 jours et sortie du patient à 7 jours.

À deux mois post-opératoire, reprise de l'activité professionnelle, pas de perte de fonctions, bonne ouverture buccale, observation d'une cicatrisation gingivale et tissulaire autour de la prothèse supra-implantaire ; cependant persistance d'une légère latérodéviation à droite en ouverture. (*Figure 115*)

Un repassage de la prothèse sera prévu dans les 5 mois.



Figure 115 : Photographies exo-buccale et inta-buccale post-opératoires à 2 mois

À six mois post-opératoire, survie du lambeau et intégration complète de la prothèse supra-implantaire. (*Figure 116*)



Figure 116 : Photographie 3D à 6 mois post-opératoire

DISCUSSION

Les techniques de planifications numériques pré-opératoires associées à la conception et la fabrication de guides de coupes et de plaques d'ostéosynthèse préformées dans les reconstructions mandibulaires par lambeaux libre de fibula se sont développées ces dernières années afin de faciliter les différents gestes techniques nécessaires à la conformation et à la fixation du lambeau.

De nombreux avantages découlent de l'utilisation de ces procédés. Parmi eux nous pouvons citer un gain de temps opératoire et une diminution du temps d'ischémie favorisant le taux de survie des lambeaux libres. Cette réduction de la durée d'ischémie est rendue possible par la conformation du lambeau au niveau de son site donneur et non plus du site receveur comme cela était le cas avant l'utilisation des guides de coupes.

D'autres avantages tels que la reconstitution quasi ad integrum de la mandibule native, dans les cas les plus complexes de pertes de substances, apparaissent grandement facilités par l'utilisation d'outils comme le *Mirroring* ou bien la superposition des différents masques.

La planification de l'emplacement des tracés d'ostéotomies et de la conformation fibulaire rendent également possible la réalisation de la future prothèse dentaire et la mise en place des implants la soutenant dans le même temps opératoire que la reconstruction.

Néanmoins, il existe des limites à l'utilisation de tels systèmes à commencer par leur mise en œuvre longue et coûteuse.

Actuellement les délais de planification, de conception et de fabrication des dispositifs sur-mesure s'établissent dans un intervalle de deux à quatre semaines entre la réalisation des imageries médicales et la réception du matériel stérilisé. Ces délais peuvent apparaître longs dans un contexte de tumeur carcinologique évolutive nécessitant une prise en charge rapide. Toutefois, ces délais sont à relativiser dans le cadre d'une prise en charge hospitalière dont l'organisation ne permet généralement pas de planifier une intervention de cette envergure avant un délai de 3 semaines.

En ce qui concerne le coût de mise en place de ces procédés, celui-ci est relativement important et représente un réel frein à la généralisation de leur utilisation dans les services. Il faut compter entre 2500 et 3000€ par patient à la charge des établissements pour la mise en œuvre de cette technique qui ne bénéficie par ailleurs d'aucune prise en charge par la sécurité sociale française. Cependant une étude récente menée par Zweifel et al. (108) a permis de mettre en évidence un certain amortissement des frais liés à cette technique par la diminution du temps opératoire. Il est de plus à noter que la planification et la conception des dispositifs sur-mesure ne sont généralement pas facturées par l'entreprise Materialise, seule la fabrication le sera laissant ainsi aux chirurgiens et aux établissements la possibilité de se retirer à tout moment.

D'autres limites, plus contraignantes pour l'équipe chirurgicale, peuvent apparaître au cours d'une intervention : ce sont les erreurs de planification et de conception. Ces erreurs peuvent intervenir à n'importe quel moment du processus (de l'imagerie médicale à la fabrication des dispositifs) et entraîner une perte de précision importante dans la réalisation de l'acte ainsi qu'une perte de temps. Ces erreurs sont le plus souvent visibles lors de la mise en place des

guides (trop volumineux, mal adaptés) et des plaques d'ostéosynthèse (nécessitant de nouvelles plicatures). La précision demandée par l'emploi de ces dispositifs rend dès lors compliqué toute tentative d'adaptation aux aléas opératoires.

Enfin, il serait intéressant de se pencher sur l'amélioration des guides de forages couplés aux guides de coupes fibulaires de Materialise. Ceux-ci, trop fragiles et peu précis, ne permettent pas la mise en place adéquate des implants dans l'os de fibula et obligent la réalisation d'un matching entre la conformation fibulaire obtenue dans ProPlan CMF® avec des masques dentaires dans le logiciel SimPlant® afin d'anticiper la mise en fonction d'une prothèse provisoire. La confection de guides de coupes Materialise permettant le positionnement de douilles métalliques d'enfoncements pourrait ainsi améliorer la précision du placement implantaire et pallier au manque de rigidité de ces guides.

CONCLUSION

L'essor des techniques de planification numérique, de conception et de fabrication assistées par ordinateur (CFAO) constitue une avancée significative dans le domaine de la chirurgie maxillo-faciale contemporaine. Elle a permis de résoudre un certain nombre de difficultés qui semblaient jusqu'alors insurmontables.

La reconstruction des pertes de substances mandibulaires et la réparation des conséquences qui en découlent sont un enjeu majeur de santé publique en France et dans le reste du monde tant la prévalence des tumeurs malignes et bénignes de la sphère buccale et ORL est importante.

Dans ce contexte, la chirurgie de reconstruction mandibulaire par lambeau de libre de fibula associée à une modélisation 3D pré-opératoire et la mise au point de guides de coupes et de plaques d'ostéosynthèse sur-mesure permet d'appréhender très précisément la situation clinique afin d'aboutir à la conformation fibulaire souhaitée et plus globalement à la réhabilitation dentaire finale.

Malgré les coûts importants de mise en place de ces procédés, les nombreux avantages qui en découlent, tant pour les équipes chirurgicales que pour les patients, en font des techniques porteuses d'espoir qui permettront à l'avenir de répondre aux différents challenges de la chirurgie reconstructrice osseuse.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Vue frontale des os de la face. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1.....	9
Figure 2 : Face externe du corps de la mandibule et de la branche montante, KAMINA P. Précis d'anatomie clinique tome II	10
Figure 3 : Face interne du corps de la mandibule et de la branche montante, KAMINA P. Précis d'anatomie clinique tome II	11
Figure 4 : Trajet des branches antérieure et postérieure du nerf mandibulaire. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1	12
Figure 5 : Trajet des nerfs maxillaire et mandibulaire. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1	13
Figure 6 : Branches collatérales de l'artère carotide externe. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1	14
Figure 7 : Repères anatomiques des ganglions cervico-faciaux. Sobotta Atlas of human anatomy Volume 1.....	15
Figure 8 : Coupe frontale du corps de la mandibule	15
Figure 9 : Os du membre inférieur	16
Figure 10 : Artère péronière.....	17
Figure 11 : Carcinome épidermoïde, image Dr. Raybaud.....	19
Figure 12 : Ostéosarcome, image Pr. Laskaris.....	19
Figure 13 : Améloblastome, images des Pr. Regezi, Scuibba et Piette.....	19
Figure 14 : Trauma balistique, tentative d'autolyse (4)	20
Figure 15 : Classification de David 1988 (4).....	21
Figure 16 : Classification de Jewer et Boyd 1989, modifiée 1993 (4).....	21
Figure 17 : Classification de Cariou 1994 (4).....	22
Figure 18 : Techniques d'impression 3D par SLS et SLA (20)	25
Figure 19 : Guide de découpe chirurgicale pour ostéotomie de soustraction mentonnière. (22)	26
Figure 20 : Guide de forage implantaire, SurgiGuide SimPlant®. (25).....	26
Figure 21 : Conception d'une plaque d'ostéosynthèse personnalisée, SympliciTi® Materialise (29).....	27
Figure 22 : Technique d'impression par fusion sélective de laser (SLM). (22).....	27
Figure 23 : Implant en titane personnalisé infra-orbitaire, OBL Materialise. (34).....	27
Figure 24 : Principe de fabrication d'une pièce anatomique par impression 3D, Materialise ..	28
Figure 25 : Rapid Prototyping d'un cœur imprimé, Materialise.	28
Figure 26 : Rapid Prototyping d'une mandibule humaine. (36).....	28
Figure 27 : Cartilage d'oreille bio-imprimé par le Wake Forest Institute for Regenerative Medicine.....	28
Figure 28 : Usinage de blocs en céramique	29
Figure 29 : Camera optique d'acquisition, Odeon® OPERA.....	29
Figure 30 : Empreinte optique des arcades dentaires en occlusion obtenue par la camera TRIOS® de 3Shape	30
Figure 31 : Prothèse maxillo-faciale (épithèse) réalisée avec assistance par ordinateur avant maquillage, Materialise. (38)	30
Figure 32 : Mise en évidence de la différence de hauteur entre la mandibule et la fibula	34
Figure 33 : Montage fibulaire en double barre (63).....	35

Figure 34 : Palette cutanée épaisse et flottante avec implants, photographie site internet du Dr. J-F Garnier	35
Figure 35 : Cicatrisation non satisfaisante du site donneur (65).....	36
Figure 36 : Résultats morphologiques après assistance par ordinateur, O.Dassonville (70)....	39
Figure 37 : Procédure ProPlan CMF®, Materialise	40
Figure 38 : Acquisition et segmentation mandibulaire et fibulaire (66)	41
Figure 39 : Planification des zones d'ostéotomies mandibulaires (66)	42
Figure 40 : Choix de l'os de fibula à employer (70).....	42
Figure 41 : Conformation numérique de fibula (72)	42
Figure 42 : Synchronisation résection mandibulaire et résection fibulaire (73).....	43
Figure 43 : Modélisation de l'hémimandibule manquante par "Mirroring" (66).....	43
Figure 44 : Mirroring associé à la conformation fibulaire (66)	44
Figure 45 : Reconstruction avec planification implantaire (73)	44
Figure 46 : Conformation fibulaire en fonction de la réhabilitation implantaire (66)	45
Figure 47 : Guides de coupes mandibulaire, Materialise. Image Dr. O. Dassonville	46
Figure 48 : Guide de coupe fibulaire et modèle stéréolithographique du projet de reconstruction (66).....	46
Figure 49 : Étapes de fabrication d'un guide de coupe par StéréoLitographie, Materialise	47
Figure 50 : Conception de plaques d'ostéosynthèses personnalisées, Materialise (68).....	47
Figure 51 : Schéma représentant le dessin du lambeau ostéo-cutané de fibula (75).....	49
Figure 52 : Vue transversale du lambeau ostéo-cutané de fibula (75)	50
Figure 53 : Incisions et décollements antérieur de la palette fascio-cutanée, Dr Poissonnet ...	50
Figure 54 : Incisions et décollements de la portion postérieure, Dr Poissonnet	51
Figure 55 : Ostéotomies réalisées à l'aide d'un guide de coupe après fixation (68).....	52
Figure 56 : Incision cutanée de Sébilleau-Carrega (78)	53
Figure 57 : Voie d'abord cervicale, Dr Dassonville	53
Figure 58 : Positionnement des guides de coupes mandibulaires, Dr Dassonville	54
Figure 59 : Rinçage vasculaire du lambeau libre à l'héparine par le Dr. G. Poissonnet, IUFC Nice.....	55
Figure 60 : Positionnement de l'extrémité fibulaire dans l'articulation mandibulaire et conformation naturelle après deux ans de fonction (77).....	56
Figure 61 : Microchirurgie vasculaire sous microscope, image microscope, Dr. Dassonville.	56
Figure 62 : Mise en place des Couplers vasculaires, image microscope, Dr Dassonville.....	57
Figure 63 : Greffe de peau mince recouvrant la zone de prélèvement de la palette cutanée, Dr Poissonnet	58
Figure 64 : Guide Materialise de coupe fibulaire et de forage du site implantaire (66).....	63
Figure 65 : Planification implantaire SimPlant® (105).....	64
Figure 66 : Matching du montage directeur avec l'imagerie 3D (105)	65
Figure 67 : Guide SimPlant SAFE® : guidage des forets et des implants avec contrôle des profondeurs (106)	65
Figure 68 : Outil "Immediate Smile" et modèle imprimé en 3D avec fausse gencive (106)....	66
Figure 69 : Procédure d'une restauration plurale provisoire immédiate (106).....	66
Figure 70 : Photographies faciale pré-opératoire, Dr Savoldelli	70
Figure 71 : Photographie endobuccale de la lésion, Dr Savoldelli	70
Figure 72 : Segmentation des données numériques issues du scanner mandibulaire	71
Figure 73 : Planification de la résection mandibulaire.....	72
Figure 74 : Synchronisation des zones de coupes fibulaires avec la conformation.....	72
Figure 75 : Planification de la conformation fibulaire et superposition des masques.....	73
Figure 76 : Guides de coupes et plaques personnalisées à la conformation.....	74
Figure 77 : Conception du guide de coupe mandibulaire.....	74

Figure 78 : Conception du guide de coupe fibulaire	75
Figure 79 : Conception des plaques d'ostéosynthèse et pré-planification implantaire.....	75
Figure 80 : Photographie voie d'abord cervico-faciale à la lésion, Dr Dassonville	76
Figure 81 : Résection tumorale mandibulaire, Dr Dassonville.....	77
Figure 82 : Conformation du lambeau de fibula pédiculé, Dr Poissonnet	78
Figure 83 : Fixation du guide de forage implantaire sur la conformation fibulaire, Dr Savoldelli	79
Figure 84 : Mise en place des implants à travers le guide, Dr Savoldelli	79
Figure 85 : Parallélisme des piliers porte-implants.....	80
Figure 86 : Positionnement des piliers cylindriques temporaires	80
Figure 87 : Essayage de la prothèse provisoire implantaire-portée immédiate, Dr Savoldelli.....	81
Figure 88 : Comparaison du greffon et de la portion réséquée.....	81
Figure 89 : Situation dento-prothétique avant réfection des anastomoses	82
Figure 90 : Situation occlusale et mandibulaire initiale, récurrence massive de l'améloblastome	83
Figure 91 : Radiographie panoramique et scanner pré-opératoire de la récurrence de 2016	84
Figure 92 : Acquisition de l'imagerie médicale et segmentation dans ProPlan CMF®.....	84
Figure 93 : Planification des traits d'ostéotomies mandibulaires.....	85
Figure 94 : Calcul de la conformation fibulaire.....	85
Figure 95 : Conformation fibulaire en fonction de l'arcade initiale	86
Figure 96 : Pré-planification du pointage implantaire et adaptation de la conformation fibulaire.....	86
Figure 97 : Conception des guides d'ostéotomies et des plaques sur mesure.....	86
Figure 98 : Conception des plaques associées à la conformation fibulaire.....	87
Figure 99 : Guides de coupes mandibulaires et de forages des vis d'ostéosynthèse	87
Figure 100 : Guide de coupe fibulaire et trajet de l'artère péronière	88
Figure 101 : Exportation du fichier .STL de la conformation obtenue dans ProPlanCMF®	88
Figure 102 : Planification implantaire dans SimPlant® et matching de la conformation fibulaire avec une empreinte optique de la situation initiale, images Hauschild Uli (70).....	89
Figure 103 : Enregistrement de la teinte dentaire avant réalisation de la prothèse.....	89
Figure 104 : Modèle stéréolithographique de la conformation fibulaire planifiée et essayage du guide de forage implantaire SAFE®, image Hauschild Uli.....	90
Figure 105 : Mise en place et fixation des guides de coupes mandibulaires par le Dr Dassonville.....	90
Figure 106 : Forages et mise en place des implants Ankylos® par le Dr Savoldelli à travers le guide de forage dans l'os de fibula toujours pédiculé à la jambe.....	91
Figure 107 : Implants dentaires positionnés à travers le guide de forage.....	91
Figure 108 : Axes de positionnement des piliers porte-implants après retrait du guide	92
Figure 109 : Positionnement des piliers provisoires cylindriques	92
Figure 110 : Essayage de la prothèse supra-implantaire, Dr Savoldelli.....	93
Figure 111 : Comparaison de la reconstruction et de la résection tumorale mandibulaire	93
Figure 112 : Essayage en bouche de la prothèse, validation de l'occlusion, ostéosyntheses et dépose de la prothèse avant sutures.....	94
Figure 113 : Radiographie panoramique post-interventionnelle.....	94
Figure 114 : Scanner post-interventionnel.....	95
Figure 115 : Photographies exo-buccale et intra-buccale post-opératoires à 2 mois	95
Figure 116 : Photographie 3D à 6 mois post-opératoire.....	96

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bonnel F, Lesire M, Gomis R, Allieu Y, Rabischong P. La vascularisation artérielle du péroné (fibula) Techniques des transferts microchirurgicaux. *Anat Clin*. 1981;3(1):13–22.
2. Kpemissi E, Amana B, Tchandana K. Mandibular tumours: epidemiology, diagnostic and therapeutic aspects concerning 91 cases. *Mali Med*. 2009;24(3):47-52.
3. Organization WH. The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines. Vol. 1. World Health Organization; 1992.
4. Paoli J-R, Lopez R, Jalbert F, Boutault F. Reconstruction chirurgicale des pertes de substances mandibulaires acquises.pdf. In: EMC [Internet]. Elsevier Masson. 2008 [cité 17 nov 2017]. Disponible sur: <http://www.em-premium.com/showarticlefile/1097952/28-53304.pdf>
5. Collège hospitalo-universitaire français de chirurgie maxillo-faciale et stomatologie. Traumatologie maxillo-faciale. In Université Médicale Virtuelle Francophone; 2010 [cité 14 nov 2017]. p. Items 201, 237. Disponible sur: <http://campus.cerimes.fr/chirurgie-maxillo-faciale-et-stomatologie/enseignement/stomatologie4/site/html/cours.pdf>
6. Nicolas J, Soubeyrand E, Labbé D, Compère J-F, Benateau H. Traumatismes de la face par arme à feu en pratique civile. [Httpwwwem-Premiumcomdatatraitess122-48095](http://www.em-premium.com/medatraitess122-48095) [Internet]. 29 nov 2007 [cité 14 nov 2017]; Disponible sur: <http://www.em-premium.com/article/67819?redirectTo=EM>
7. Vigarios E, Pradines M, Fusaro S, Toulouse E, Pomar P. Réhabilitation prothétique des pertes de substances mandibulaire d'origines carcinologiques.pdf. In: EMC [Internet]. 2017 [cité 15 nov 2017]. Disponible sur: <http://www.em-premium.com/showarticlefile/67818/22-39727.pdf>
8. David DJ, Tan E, Katsaros J, Sheen R. Mandibular reconstruction with vascularized iliac crest: a 10-year experience. *Plast Reconstr Surg*. nov 1988;82(5):792-803.
9. Jewer DD, Boyd JB, Manktelow RT, Zuker RM, Rosen IB, Gullane PJ, et al. Orofacial and mandibular reconstruction with the iliac crest free flap: a review of 60 cases and a new method of classification. *Plast Reconstr Surg*. sept 1989;84(3):391-403; discussion 404-405.
10. Boyd JB, Gullane PJ, Rotstein LE, Brown DH, Irish JC. Classification of mandibular defects. *Plast Reconstr Surg*. déc 1993;92(7):1266-75.
11. Cariou JL, Payement G, Rochebilière A, Bellavoire A. Le choix du transplant libre compose avec os dans la reconstruction des pertes de substance interruptrices de la mandibule. À propos de 28 cas. *Ann Chir Plast Esthet*. août 1994;39(4):449-60.

12. Vigarios E, Destruhaut F, Amichia YCA, Toulouse E, Pomar P. Facteurs d'orientation de la réhabilitation en cancérologie cervicofaciale. [Httpwwwem-Premiumcomdatatraitess122-57166](http://www.em-premium.com/273937?redirectTo=EM) [Internet]. 29 nov 2010 [cité 22 nov 2017]; Disponible sur: <http://www.em-premium.com/article/273937?redirectTo=EM>
13. Mojallal A, Besse JL, Breton P. Évaluation des séquelles du site donneur du lambeau libre de fibula. À propos de 42 cas consécutifs. [Httpwwwem-Premiumcomdatarevues02941260v0049i0103001572](http://www.em-premium.com/24243/resultatrecherche/8) [Internet]. [cité 23 nov 2017]; Disponible sur: <http://www.em-premium.com/article/24243/resultatrecherche/8>
14. Lin C-Y, Ju S-S, Chia J-S, Chang C-H, Chang C-W, Chen M-H. Effects of radiotherapy on salivary gland function in patients with head and neck cancers. *J Dent Sci.* sept 2015;10(3):253-62.
15. Deasy JO, Moiseenko V, Marks L, Chao KSC, Nam J, Eisbruch A. Radiotherapy Dose–Volume Effects on Salivary Gland Function. *Int J Radiat Oncol.* 1 mars 2010;76(3, Supplement):S58-63.
16. Avşar A, Elli M, Darka Ö, Pinarli G. Long-term effects of chemotherapy on caries formation, dental development, and salivary factors in childhood cancer survivors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 déc 2007;104(6):781-9.
17. Universalis E. C.F.A.O. (conception et fabrication assistées par ordinateur): Universalis [Internet]. *Encyclopædia Universalis.* [cité 6 déc 2017]. Disponible sur: <http://junior.universalis.fr/encyclopedie/c-f-a-o-conception-et-fabrication-assistees-par-ordinateur/>
18. Lebègue E. Du Spatial aux Travaux Publics : les Maquettes Virtuelles.pdf [Internet]. [cité 6 déc 2017]. Disponible sur: http://sd-1.archive-host.com/membres/up/170308460557144264/aaafca_200703_lettre155_spec.pdf
19. Bou C, Pomar P, Vigarios E, Toulouse E. Prothèse maxillofaciale et conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO). *EMC - Dent.* août 2004;1(3):275-83.
20. Goutman T. Précision des guides chirurgicaux utilisés dans le cadre de la chirurgie implantaire guidée - ROS - 2013 - Tome 42 - N°4. *Rev Odont Stomat.* 2013;(42):302-19.
21. Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO - Information dentaire.pdf. sept 2007 [cité 6 déc 2017];89(29). Disponible sur: <http://www.francoisduret.com/Accueil/media/download/Publication/258-FD%202007%20-%20Information%20dentaire%20n29.pdf>
22. Philippe B. Chirurgie maxillofaciale guidée: simulation et chirurgie assistée par guides stéréolithographiques et miniplaques titane préfabriquées. In: *EM-Consulte* [Internet]. Copyright © Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés. 2013 [cité 9 déc 2017]. p. 228-46. (*Revue de Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale*; vol. 114). Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/842368/article/chirurgie-maxillofaciale-guidee-simulation-et-chi>

23. Gozlan M. L'impression 3D repousse les limites de la chirurgie. Sciences et avenir [Internet]. déc 2015 [cité 8 déc 2017]; Disponible sur: https://www.sciencesetavenir.fr/sante/l-impression-3d-repousse-les-limites-de-la-chirurgie_29671
24. Hull C. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography [Internet]. [cité 17 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.google.com/patents/US4575330>
25. Brothier J, Soenen A. Évolution des guides chirurgicaux implantaires réalisés au cabinet dentaire [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2017 [cité 9 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/evolution-des-guides-chirurgicaux-implantaires-realises-au-cabinet-dentaire/>
26. Philippe B. Custom-made prefabricated titanium miniplates in Le Fort I osteotomies: principles, procedure and clinical insights. *Int J Oral Maxillofac Surg.* août 2013;42(8):1001-6.
27. Barbas A, Bonnet A-S, Lipinski P, Pesci R, Dubois G. Development and mechanical characterization of porous titanium bone substitutes. *J Mech Behav Biomed Mater.* mai 2012;9:34-44.
28. Barbas A. Etude biomécanique de substituts osseux en titane poreux destinés à la chirurgie maxillo-faciale [Doctorat Science de l'ingénieur]. Paul Verlaine de Metz; 2011.
29. Materialise Medical, Schouman T. Patient-Specific Cranio-Maxillofacial (CMF) Implants | Materialise SynpliciTi [Internet]. 2017 [cité 11 déc 2017]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?time_continue=13&v=ZY5g0LfvFjg
30. Winder J, Cooke RS, Gray J, Fannin T, Fegan T. Medical rapid prototyping and 3D CT in the manufacture of custom made cranial titanium plates. *J Med Eng Technol.* févr 1999;23(1):26-8.
31. Zhang B. Fusion sélective par laser-influence de l'atmosphère et réalisation d'alliage in situ [Doctorat Science de l'ingénieur]. Université de Technologie de Belfort-Montbeliard; 2013.
32. Jalbert F, Lauwers F. Les implants sur mesure en reconstruction craniofaciale. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale.* sept 2013;114(4):211-8.
33. Schouman T. Patient-specific cranio-maxillofacial implants [Internet]. Materialise. [cité 11 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.materialise.com/en/medical/patient-specific-implants/patient-specific-cranio-maxillofacial-implants>
34. Materialise Medical. 3D-Printed Cranio-Maxillofacial Implant for Orbital Floor Reconstruction | Materialise Medical [Internet]. 2017 [cité 12 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=M4yg2QbayNA>
35. Olivieri L, Krieger A, Chen MY, Kim P, Kanter JP. 3D heart model guides complex stent angioplasty of pulmonary venous baffle obstruction in a Mustard repair of D-TGA. *Int J Cardiol.* mars 2014;172(2):e297-8.

36. Kubat T, Delilbasi C, Ekici B, Yuzbasioglu HE, Hartomacioglu S, Ay M. 3D Bio-Cad modeling of human mandible and fabrication by rapid-prototyping technology. *Usak Univ J Mater Sci.* 27 déc 2013;2(2):135-135.
37. Duret F. Un peu d'histoire avant de parler d'aujourd'hui et de demain.pdf. *Fil Dent* [Internet]. mars 2010 [cité 6 déc 2017];(51). Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/images/stories/articles2/clinic-analyse-un-peu-dhistoire-avant-de-parler-daujourd'hui-et-de-de/clinic-analyse-un-peu-dhistoire-avant-de-parler-daujourd'hui-et-de-de.pdf>
38. Materialise Medical. 3D Visualization & 3D Printing for Complex Maxillofacial Trauma | Materialise Mimics [Internet]. 2017 [cité 14 déc 2017]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=dXp0_3YHfy4
39. Cariou J-L. Transferts ou lambeaux libres de et avec péroné ou fibula. *Anatomie chirurgicale, techniques de prélèvement, indications en chirurgie reconstructrice. EM-Consulte* [Internet]. 2003 [cité 14 janv 2018]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/19598/transferts-ou-lambeaux-libres-de-et-avec-perone-ou>
40. Taylor GI, Miller G, Ham F. The free vascularized bone graft A clinical extension of microvascular techniques.pdf. *Plast Reconstr Surg.* 1975;(55):533–544.
41. Taylor GI. Reconstruction of the mandible with free composite iliac bone grafts.pdf. *Ann Plast Surg.* nov 1982;9(5):361-76.
42. Hidalgo D. Fibula free flap A new method of mandible reconstruction.pdf. *Plast Reconstr Surg.* 1989;(84):71–79.
43. Hidalgo D. Aesthetic improvements in free-flap mandible reconstruction.pdf. *Plast Reconstr Surg.* 1991;(88):574–85.
44. Hidalgo. A review of 60 consecutive fibula free flap mandibule reconstructions. 1995;
45. Sadove RC, Powell LA. Simultaneous maxillary and mandibular reconstruction with one free osteocutaneous flap. *Plast Reconstr Surg.* juill 1993;92(1):141-6.
46. Bodard A-G, Gourmet R. Réhabilitation sur implants après reconstruction mandibulaire par greffon de fibula microanastomose : une série de 10 cas. *Médecine Buccale Chir Buccale.* 2005;11(4):215-215.
47. Braga-Silva J, Jaeger MRO, Favalli PPS. Reconstruction mandibulaire : les lambeaux microchirurgicaux de crête iliaque et péroné. *Ann Chir Plast Esthét.* févr 2005;50(1):49-55.
48. Bozec A, Poissonnet G, Converset S, Lattes L, Chamorey E, Vallicioni J, et al. La reconstruction mandibulaire par lambeaux libres osseux: résultats fonctionnels. *Ann Otolaryngol Chir Cervico-Faciale.* mars 2007;124(1):16-24.
49. Baron S, Salvan D, Cloutier L, Gharzouli I, Le Clerc N. Fibula free flap in the treatment of mandibular osteoradionecrosis. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* févr 2016;133(1):7-11.

50. Serra JM, Paloma V, Mesa F, Ballesteros A. The vascularized fibula graft in mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991;49(3):244–250.
51. El Kohen A, Benjelloun A, Benchekroun L, Lazrak A, Jazouli N, Kzadri M. Les reconstructions mandibulaires: évolution des techniques opératoires à propos de 22 cas. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2004;105(6):347–353.
52. Aldegheri A, Beloni D, Blanc JL, Kaplanski P, Legre R, Zanaret M. Dental rehabilitation using osseointegrated implants: treatment of oro-maxillo-facial cancer. A preliminary study of 7 cases. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1996;97(2):108-16.
53. González-García R, Naval-Gías L, Rodríguez-Campo FJ, Muñoz-Guerra MF, Sastre-Pérez J. Vascularized free fibular flap for the reconstruction of mandibular defects: clinical experience in 42 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* août 2008;106(2):191-202.
54. Mücke T, Loeffelbein DJ, Kolk A, Wagenpfeil S, Kanatas A, Wolff K-D, et al. Comparison of outcome of microvascular bony head and neck reconstructions using the fibular free flap and the iliac crest flap. *Br J Oral Maxillofac Surg.* sept 2013;51(6):514-9.
55. Gbara A, Darwich K, Li L, Schmelzle R, Blake F. Long-Term Results of Jaw Reconstruction With Microsurgical Fibula Grafts and Dental Implants. *J Oral Maxillofac Surg.* mai 2007;65(5):1005-9.
56. Breton P, Henry JF, Crezoit E, Souchere B, Freidel M. Osteomuscular serrato-costal free flap: application to mandibular reconstruction. *Ann Chir Plast Esthet.* juin 1992;37(3):258-62.
57. Chiapasco M, Abati S, Ramundo G, Rossi A, Romeo E, Vogel G. Behavior of implants in bone grafts or free flaps after tumor resection. *Clin Oral Implants Res.* 2000;11(1):66–75.
58. Ulkur E, Karagoz H, Kulahci Y, Suer BT, Oksuz S, Kocyigit ID, et al. One-and-a-Half-Barrel Vascularized Free Fibular Flap for the Reconstruction of Segmental Mandibular Defect: *J Craniofac Surg.* mars 2013;24(2):e167-9.
59. Bähr W, Stoll P, Wächter R. Use of the “double barrel” free vascularized fibula in mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998;56(1):38–44.
60. Ruhin B, Menard P, Ceccaldi J, Dichamp J, Bertrand J-C. Lambeau libre de péroné en double barre : intérêt du montage dans les reconstructions mandibulaires pour une réhabilitation prothétique sur implants (5 cas). *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* nov 2006;107(5):338-44; discussion 345-346.
61. Haughey BH, Fredrickson JM, Lerrick AJ, Sclaroff A, Gay WD. Fibular and iliac crest osteomuscular free flap reconstruction of the oral cavity. *The Laryngoscope.* 1 nov 1994;104(11):1305-13.
62. Jones NF, Swartz WM, Mears DC, Jupiter JB, Grossman A. The « double barrel » free vascularized fibular bone graft. *Plast Reconstr Surg.* mars 1988;81(3):378-85.

63. He Y, Zhang ZY, Zhu HG, Wu YQ, Fu HH. Double-Barrel Fibula Vascularized Free Flap With Dental Rehabilitation for Mandibular Reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* oct 2011;69(10):2663-9.
64. Jegoux F, Bedfert C, Alno N, Le Clech G, Daculsi G. Reconstruction mandibulaire en cancérologie : état actuel et perspectives. *Ann Otolaryngol Chir Cervico-Faciale.* juin 2009;126(3):138-48.
65. Bartaire E, Mouawad F, Mallet Y, Milet P, El Bedoui S, Ton Van J, et al. Évaluation morphologique des reconstructions chirurgicales mandibulaires par lambeau libre de fibula et de la gêne fonctionnelle sur le site donneur : à propos de 23 patients. *Ann Fr Oto-Rhino-Laryngol Pathol Cervico-Faciale.* oct 2012;129(5):274-81.
66. Schouman T, Bertolus C, Chaîne C, Ceccaldi J, Goudot P. Chirurgie assistée par dispositifs sur-mesure : reconstruction par lambeau libre de fibula. *Rev Stomatol Chir Maxillo-Faciale Chir Orale.* févr 2014;115(1):28-36.
67. Antony AK, Chen WF, Kolokythas A, Weimer KA, Cohen MN. Use of Virtual Surgery and Stereolithography-Guided Osteotomy for Mandibular Reconstruction with the Free Fibula: *Plast Reconstr Surg.* nov 2011;128(5):1080-4.
68. Culié D, Dassonville O, Poissonnet G, Riss J-C, Fernandez J, Bozec A. Virtual planning and guided surgery in fibular free-flap mandibular reconstruction: A 29-case series. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* juin 2016;133(3):175-8.
69. Hanasono MM, Skoracki RJ. Computer-assisted design and rapid prototype modeling in microvascular mandible reconstruction. *The Laryngoscope.* mars 2013;123(3):597-604.
70. Dassonville O. Les reconstructions mandibulaires assistées par ordinateur [Internet]. Disponible sur: <http://cfom2016.com/files/126/COMM/SAMEDI/10h00-dassonville.pdf>
71. Seruya M, Fisher M, Rodriguez ED. Computer-Assisted versus Conventional Free Fibula Flap Technique for Craniofacial Reconstruction: An Outcomes Comparison. *Plast Reconstr Surg.* nov 2013;132(5):1219-28.
72. Surgical Planning Software Plays a Key Role in Mandible Reconstruction [Internet]. Materialise. [cité 12 oct 2017]. Disponible sur: <http://www.materialise.com/en/cases/surgical-planning-software-plays-a-key-role-mandible-reconstruction>
73. Groundbreaking Surgery for Jaw Reconstruction [Internet]. Materialise. [cité 8 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.materialise.com/en/node/4055>
74. Gohier, Iade F, Chandon M. Lambeau libre de péroné pour reconstruction mandibulaire, prise en charge anesthésique [Internet]. [cité 24 janv 2018]. Disponible sur: <http://staff.afisar.fr/Communications/Congres2008/Lambeau%20libre%20de%20perone%20pour%20reconstruction%20mandibulaire.pdf>
75. Guyot L, Seguin P, Benateau H. Techniques en chirurgie maxillo-faciale et plastique de la face [Internet]. Paris: Springer; 2010 [cité 26 oct 2017]. Disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1007/978-2-8178-0073-8>

76. Pelissier P. Lambeau de fibula [Internet]. 2005 [cité 24 oct 2017]. Disponible sur: <http://www.e-plastic.fr/pdf/lambeaux/mbinf/fibula.pdf>
77. Julieron M, Albert S, Bozec A, Deneuve S, Gleizal A, Kolb F, et al. Chirurgie reconstructive en Carcino cervicofaciale. 2013. (Amplifon).
78. Zanaret M, Paris J, Duflo S. Évidements ganglionnaires cervicaux. EMC - Oto-Rhino-Laryngol. nov 2005;2(4):539-53.
79. Pivot X, Schneider M, Demard F. Carcinomes épidermoïdes des voies aéro-digestives supérieures: nouvelles stratégies diagnostiques et thérapeutiques. Springer.
80. Dubruille J, Dubruille M, Goudot P, Muster D, Pigot J, Vanhakendover S. Réhabilitation orale et implantologie. :30.
81. Davarpanah M, Martinez H, Kebir M, Tecucianu J-F. Manuel dimplantologie clinique. CdP. Groupe Liaisons SA 2000; 2001. (JPIO).
82. Chang Y-M, Coskunfirat OK, Wei F-C, Tsai C-Y, Lin H-N. Maxillary Reconstruction with a Fibula Osteoseptocutaneous Free Flap and Simultaneous Insertion of Osseointegrated Dental Implants: Plast Reconstr Surg. avr 2004;113(4):1140-5.
83. Sclaroff A, Haughey B, Gay WD, Paniello R. Immediate mandibular reconstruction and placement of dental implants. At the time of ablative surgery. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. déc 1994;78(6):711-7.
84. Urken ML, Buchbinder D, Costantino PD, Sinha U, Okay D, Lawson W, et al. Oromandibular Reconstruction Using Microvascular Composite Flaps: Report of 210 Cases. Arch Otolaryngol Neck Surg. 1 janv 1998;124(1):46.
85. Korfage A, Schoen PJ, Raghoobar GM, Roodenburg JLN, Vissink A, Reintsema H. Benefits of dental implants installed during ablative tumour surgery in oral cancer patients: a prospective 5-year clinical trial. Clin Oral Implants Res [Internet]. avr 2010 [cité 30 mai 2018]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0501.2010.01930.x>
86. Schoen PJ, Reintsema H, Raghoobar GM, Vissink A, Roodenburg JLN. The use of implant retained mandibular prostheses in the oral rehabilitation of head and neck cancer patients. A review and rationale for treatment planning. Oral Oncol. oct 2004;40(9):862-71.
87. Claudy MP, Miguens SAQ, Celeste RK, Camara Parente R, Hernandez PAG, da Silva AN. Time Interval after Radiotherapy and Dental Implant Failure: Systematic Review of Observational Studies and Meta-Analysis: Radiotherapy and Dental Implant Failure. Clin Implant Dent Relat Res. avr 2015;17(2):402-11.
88. Salinas TJ, Desa VP, Katsnelson A, Miloro M. Clinical Evaluation of Implants in Radiated Fibula Flaps. J Oral Maxillofac Surg. mars 2010;68(3):524-9.

89. Jacobsen C, Kruse A, Lübbers H-T, Zwahlen R, Studer S, Zemmann W, et al. Is Mandibular Reconstruction Using Vascularized Fibula Flaps and Dental Implants a Reasonable Treatment?: Clinical Observation of a Current Practice. *Clin Implant Dent Relat Res.* juin 2014;16(3):419-28.
90. Lerrick AJ, Zak MJ. Oral cavity reconstruction with simultaneous free and pedicled composite flaps. :14.
91. Kramer F-J, Dempf R, Bremer B. Efficacy of dental implants placed into fibula-free flaps for orofacial reconstruction: Efficacy of dental implants in fibula-free flaps. *Clin Oral Implants Res.* 14 juill 2004;16(1):80-8.
92. Schiegnitz E, Al-Nawas B, Kämmerer PW, Grötz KA. Oral rehabilitation with dental implants in irradiated patients: a meta-analysis on implant survival. *Clin Oral Investig.* sept 2015;19(7):1693-1693.
93. Chana JS, Chang Y-M, Wei F-C, Shen Y-F, Chan C-P, Lin H-N, et al. Segmental Mandibulectomy and Immediate Free Fibula Osteoseptocutaneous Flap Reconstruction with Endosteal Implants: An Ideal Treatment Method for Mandibular Ameloblastoma: *Plast Reconstr Surg.* janv 2004;113(1):80-7.
94. Fenlon MR, Lyons A, Farrell S, Bavisha K, Banerjee A, Palmer RM. Factors Affecting Survival and Usefulness of Implants Placed in Vascularized Free Composite Grafts Used in Post-Head and Neck Cancer Reconstruction: Factors Affecting Survival and Usefulness of Implants Placed. *Clin Implant Dent Relat Res.* avr 2012;14(2):266-72.
95. Jackson RS, Price DL, Arce K, Moore EJ. Evaluation of Clinical Outcomes of Osseointegrated Dental Implantation of Fibula Free Flaps for Mandibular Reconstruction. *JAMA Facial Plast Surg.* 1 mai 2016;18(3):201.
96. Nooh N. Dental Implant Survival in Irradiated Oral Cancer Patients: A Systematic Review of the Literature. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(5):1233-42.
97. Granström G. Placement of Dental Implants in Irradiated Bone: The Case for Using Hyperbaric Oxygen. *J Oral Maxillofac Surg.* mai 2006;64(5):812-8.
98. Mancha de la Plata M, Gías LN, Díez PM, Muñoz-Guerra M, González-García R, Lee G-YC, et al. Osseointegrated Implant Rehabilitation of Irradiated Oral Cancer Patients. *J Oral Maxillofac Surg.* mai 2012;70(5):1052-63.
99. Niimi A, Ueda M, Keller EE, Worthington P. Experience with osseointegrated implants placed in irradiated tissues in Japan and the United States. *Int J Oral Maxillofac Implants.* juin 1998;13(3):407-11.
100. Ferrari S, Copelli C, Bianchi B, Ferri A, Poli T, Ferri T, et al. Rehabilitation with endosseous implants in fibula free-flap mandibular reconstruction: A case series of up to 10 years. *J Cranio-Maxillofac Surg.* mars 2013;41(2):172-8.

101. Levine JP, Bae JS, Soares M, Brecht LE, Saadeh PB, Ceradini DJ, et al. Jaw in a Day: Total Maxillofacial Reconstruction Using Digital Technology. *Plast Reconstr Surg.* juin 2013;131(6):1386-91.
102. Odin G, Balaguer T, Savoldelli C, Scortecchi G. Immediate Functional Loading of an Implant-Supported Fixed Prosthesis at the Time of Ablative Surgery and Mandibular Reconstruction for Squamous Cell Carcinoma. *J Oral Implantol.* juin 2010;36(3):225-30.
103. Qaisi M, Kolodney H, Swedenburg G, Chandran R, Caloss R. Fibula Jaw in a Day: State of the Art in Maxillofacial Reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* juin 2016;74(6):1284.e1-1284.e15.
104. Iizuka T, Häfliger J, Seto I, Rahal A, Mericske-Stern R, Smolka K. Oral rehabilitation after mandibular reconstruction using an osteocutaneous fibula free flap with endosseous implants: Factors affecting the functional outcome in patients with oral cancer. *Clin Oral Implants Res.* 15 sept 2004;16(1):69-79.
105. Chirurgie guidée SIMPLANT pour des résultats prothétiques prévisibles [Internet]. Disponible sur: https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/web/France/Support/Brochure/2014/32670108-FR-1405_SIMPLANT_Delivering_restorative_driven_implant_treatment_LR.pdf
106. Manuel de procédures Simplant du scannage à la chirurgie guidée en passant par la planification [Internet]. Disponible sur: https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/web/France/Support/Brochure/2014/32670466-FR-1404_SIMPLANT_Procedure%20Manual_LR.pdf
107. Rohart J, Afota F, Dassonville O, Hauschild U, Savoldelli C. Réhabilitation implantaire avec mise en charge prothétique instantanée et reconstruction par lambeau libre de péroné en un temps. In EDP Sciences; 2017 [cité 26 oct 2017]. p. 02007. Disponible sur: <http://www.sfco-congres.org/10.1051/sfco/20176502007>
108. Zweifel DF, Simon C, Hoarau R, Pasche P, Broome M. Are Virtual Planning and Guided Surgery for Head and Neck Reconstruction Economically Viable? *J Oral Maxillofac Surg.* janv 2015;73(1):170-5.

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

Je promets et je jure, au nom de l'Être Suprême, d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon Devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'Humanité.

Respectueux et reconnaissant envers les Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.



Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,
Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur Patrick MAHLER

Professeur Laurence LUPI

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.

Fabien FERRARI

INTÉRÊT ET APPORT DES TECHNIQUES DE PLANIFICATION NUMÉRIQUE ET D'IMPRESSIION 3D DANS LES RECONSTRUCTIONS MANDIBULAIRES PAR LAMBEAU LIBRE DE FIBULA

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, 2018, n°42-57-18-22

Directeur de thèse : **COCHAIS Patrice**

Mots-clés : Reconstructions mandibulaires, Chirurgie guidée, Impression 3D, Planification numérique, Lambeaux libres, Mise en charge immédiate, Péroné, Implants dentaires

Résumé :

Les techniques de planification numérique et d'impression 3D sont des techniques novatrices et porteuses d'espoir pour la chirurgie de demain. Elles existent depuis plus de vingt ans dans le domaine de l'implantologie dentaire et ont largement prouvé leur efficacité en terme de précision et de reproductibilité. À l'heure actuelle la chirurgie maxillo-faciale assistée par ordinateur est en voie de développement, cependant certaines équipes de chirurgies reconstructrices ont déjà réussi à mettre en place dans leurs structures des protocoles opératoires incluant la modélisation tridimensionnelle.

Les reconstructions de pertes de substances mandibulaires par lambeau libre de fibula sont des interventions difficiles de longues durées permettant la réhabilitation des fonctions mandibulaires et du profil esthétique du patient grâce au rétablissement de la continuité mandibulaire. Elles nécessitent une grande rigueur et une extrême précision car chacune des étapes opératoires peuvent entraîner l'échec de l'intervention.

Aujourd'hui les techniques de modélisation et d'impression 3D permettent de planifier en pré-opératoire la conformation fibulaire souhaitée et de la transférer au bloc opératoire à l'aide de dispositifs sur-mesure obtenus à partir de données intégralement numériques. L'amélioration de la précision et la reproductibilité parfaite entre la planification et la conformation fibulaire permettent en outre d'intégrer un projet prothétique supra implantaire à la reconstruction mandibulaire dans le même temps opératoire.

Ce travail présente la méthode de simulation chirurgicale numérique de reconstruction de la mandibule par lambeau libre de fibula et les différentes possibilités qui en découlent.