

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2015

Thèse n° 2015-TOU3-3021

THESE

Pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par

CABRIT Laure

Le 12 Mars 2015

LE MOULAGE EN PROTHESE FACIALE :

SEQUENÇAGE DU GESTE ET INTERFACE HOMME-MACHINE

Directeur de thèse : Docteur Rémi ESCLASSAN

Co-directeur : Docteur Florent Destruhaut

JURY

Président

Assesseur

Assesseur

Assesseur

Invité

Professeur POMAR Philippe

Docteur DESTRUHAUT Florent

Docteur ESCLASSAN Rémi

Docteur NOIRRIT-ESCLASSAN Emmanuelle

TOULOUSE Eric





Faculté de Chirurgie Dentaire



➔ DIRECTION

ADMINISTRATEUR PROVISoire

Mr Hugues CHAP

ASSESSEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mr CHAMPION Jean

Mr HAMEL Olivier

Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMAUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard

Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme MORICE Marie-Christine

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +

Mr LODTER Jean-Philippe

Mr PALOUDIER Gérard

Mr SOULET Henri

➔ ÉMÉRITAT

Mme GRÉGOIRE Geneviève

Mr PALOUDIER Gérard

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr VAYSSE

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Mme DARIES, Mr MARTY

Mr DOMINÉ

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme GABAY-FARUCH, Mme OBACH-DEJEAN, Mme YAN-VERGNES

Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maître de Conférences :

Assistant :

Chargés d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Mr HAMEL, Mr VERGNES

Mlle BARON

Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mr BARTHET**

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION***Chef de la sous-section :*** **Mr CAMPAN**

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mme CROS, Mr EL KESRI

Chargés d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE)***Chef de la sous-section :*** **Mr KÉMOUN**

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KÉMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mme PESUDO, Mme SOUBIELLE

Chargés d'Enseignement : Mr BLASCO-BAQUE, Mr SIGNAT, Mme VALERA

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE***Chef de la sous-section :*** **Mr GUIGNES**

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)***Chef de la sous-section :*** **Mr CHAMPION**

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH, Mr KNAFO, Mme SELVA

Chargés d'Enseignement : Mr BOGHANIM, Mr DESTRUHAUT, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr POGEANT, Mr RAYNALDY, Mr GINESTE

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE***Chef de la sous-section :*** **Mme JONOT**

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mme GARNIER, Mr MONSARRAT

Chargés d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mr ETIENNE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).

Mise à jour au 1^{er} janvier 2015

REMERCIEMENTS

A ma famille,

Mes chers parents, je n'imaginais pas dire ça un jour mais je ne saurai vous remercier assez pour nous avoir toujours poussés à donner le meilleur de nous-mêmes dans nos études comme dans la vie.

A ma sœur, ma colocataire. Malgré ton allergie au ménage et ta volonté de me remplacer par une pharmacienne, je suis heureuse que tu sois présente tous les jours dans ma vie et particulièrement fière d'avoir récemment ouvert le Champagne en ton honneur. Merci Lili.

A mes grands-parents, merci d'avoir bâti les solides fondations d'une famille unie et soudée et de nous avoir transmis tout l'amour et l'affection qui vous caractérisent. A Robert, ce 3^{ème} grand-père dont on rêve tous. Merci à mes oncles et tantes, de perpétuer cette ambiance chaleureuse lors de nos nombreuses réunions de famille.

A mes cousins, pour que « la bataille de Reichshoffen » dure toujours.

A Dien,

Je ne me lasse pas de découvrir le monde à travers tes petites lunettes rondes. Merci de m'avoir embarqué dans ton fabuleux destin saveur nuoc man. A notre « Carpe Dien » !

A mes amis,

A Audrey, ce coup de souris en MPI aura marqué le début de nos folles années d'amitié. Merci pour ton soutien inconditionnel, tes attentions, ta gaieté et tes bons petits plats. Madame la greffière, notez : « je vous aime ».

A ces vieux amis qu'on adopte un jour et qui ne vous lâchent plus : Jenny l'aventurière, à quand notre prochain défi sportif ? ; Sophie, une tornade de paillettes et de bonne humeur, merci de rester notre Comtesse de Bousquet ; Remi, Remy et Guillaume, mes vieux compères berthelotins, je n'oublierai pas la Hollande, nos cours d'anglais européens, nos virées au chalet, nos Noelans ... merci d'avoir été si ... vous.

A Sarah, même si généralement, des milliers de km nous séparent, nos têtes frisées restent toujours connectées. Merci de revenir de temps en temps, me faire redécouvrir le goût de la Carlsberg (... gratuite).

A Guizmo, merci d'être ce gai luron bienveillant et attentionné, toujours là pour partager une bonne bière ou une verveine.

A Amaury, même si on a bien changé depuis les cours de Bio Mol avec Mme A., nos liaisons covalentes sont plus solides que jamais, merci d'être là mon Bichon.

Merci à mes supers nanas (Cécile, Lucie, Clémence, Raphaëlle, Mélodie, Julie, Leonor), ces 5 années d'étude n'auraient pas eu la même saveur, sans notre discrétion légendaire, nos sittings à la cafet, nos soirées sonores, nos voyages épiques, notre entraide en clinique : notre amitié à toute épreuve. Merci de t'être trompée La Dish, même éparpillées aux quatre coins de la France, nos cagolades ne sont pas prêtes de s'arrêter ...

A Clément, la Fox Team a échoué mais l'amitié entre deux poils de carotte a encore de beaux jours devant elle. Mordant à l'extérieur, merci d'être, malgré tout, si tendre à l'intérieur !

A Laura C, merci pour ton aide précieuse lors de nos débuts chaotiques à l'Hôtel Dieu, pour ton sourire communicatif et tes playlists inspirées.

A Coco et Lisa, alias Pigeon et Rivière, une belle rencontre, des soirées mémorables, des débats enflammés. Même si « peu d'années, peu d'années, on se connaît, jpeux pas vous oublier ».

A vous, mes amis : la fouguese Cécile D ; Sophia et Vincent « trãm phần trãm » ; la belle Julie et son joyeux Clapou, Leati et Marie, Florian, Gabriel, Djé, Charlotte, Anna, Michel, Nicolas, Loulou, Jeremy, Jean, Maxime ...

A Marion,

Merci de m'avoir ouvert les portes de ton cabinet et de m'avoir fait confiance. Merci également à Maryline pour son aide précieuse durant ces quelques mois.

A notre président de jury,

Monsieur le Professeur POMAR Philippe

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
Lauréat de l'Institut de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale de la Salpêtrière,
Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),
Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

*C'est un honneur que vous nous avez fait en acceptant de
siéger à la présidence de notre jury de thèse.*

*Nous tenons particulièrement à vous remercier de nous avoir
ouvert les portes de la consultation de prothèse maxillo-
faciale. Votre pédagogie et votre disponibilité nous ont permis
de prendre goût à cette belle discipline.*

*Soyez assuré de notre considération et de notre plus profond
respect.*

A notre directeur de thèse,

Monsieur le Docteur ESCLASSAN Rémi

Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
Docteur en Chirurgie Dentaire,
Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),
D.E.A. d'Anthropobiologie,
Ancien Interne des Hôpitaux,
Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil
et Pharmacie (L1),
Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de
Synthèse (AMIS – UMR 5288 –CNRS),
Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

*Nous vous remercions d'avoir accepté de participer à ce jury
de thèse et particulièrement de prendre part à sa direction.*

*Nous gardons un excellent souvenir de votre encadrement et
votre pédagogie que ce soit en cours ou en clinique,
notamment à l'Hôtel Dieu lors de nos débuts hésitants.*

*Nous vous exprimons notre profonde estime et notre sincère
considération.*

A notre jury de thèse,

Madame le Docteur NOIRRIT-ESCLASSAN Emmanuelle

Maître de Conférences des Universités,
Praticien Hospitalier d'Odontologie,
Docteur en Chirurgie Dentaire,
Ancienne Interne des Hôpitaux,
Docteur de l'Université Paul Sabatier,
Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

Merci d'avoir accepté de siéger dans ce jury de thèse.

Nous regrettons de ne pas avoir eu le plaisir de travailler à vos côtés en clinique mais l'implication et la gentillesse que vous dégagez durant les cours de pédodontie nous ont fait apprécier, à juste titre, cette discipline.

Nous vous exprimons toute notre gratitude.

A notre co-directeur de thèse,

Monsieur le Docteur DESTRUHAUT Florent

Docteur en Chirurgie Dentaire,
Docteur de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, mention «
Anthropologie sociale et historique » (Paris),
Ex Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
CES de Prothèse fixée,
CES de Prothèse maxillo-faciale,
DU Prothèse Complète Clinique (Paris V),
Chargé d'Enseignement à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Merci de nous avoir fait l'honneur de diriger cette thèse. Vos conseils et vos encouragements ont été précieux tout au long de ce travail.

Nous tenons également à vous remercier pour votre disponibilité et votre générosité en clinique ainsi que votre passion pour la prothèse maxillo-faciale que vous avez su transmettre au cours de vos enseignements.

Veuillez trouver l'assurance et le témoignage de la gratitude que nous portons à votre égard.

A notre jury de thèse,

Monsieur TOULOUSE Eric

Prothésiste de la faculté dentaire de Toulouse

CAP/BP de prothèse dentaire

Diplôme Universitaire de prothèse faciale appliquée (Paris7)

Nous sommes très honorés de l'attention que vous avez portée à notre travail ainsi que de votre réponse positive à la participation à ce jury.

Nous vous sommes très reconnaissants de votre contribution et votre soutien durant les TP ainsi que de votre disponibilité et de votre bonne humeur lors de notre immersion au laboratoire de prothèse maxillo-faciale.

Nous vous exprimons notre profond respect et le témoignage de nos remerciements les plus sincères.

Table des matières

INTRODUCTION.....	15
--------------------------	-----------

Première partie : NOTIONS DE MOULAGE ET MODELAGE

I. Le moulage et modelage dans les arts plastiques	17
A. Le moulage.....	18
1. La réalisation du moule (le modèle négatif)	19
2. Le tirage	25
B. Le modelage	29
1. Procédé par adjonction de matière	29
2. Procédé par soustraction de matière.....	29
3. Modelage du corps humain	30
C. Moulage et modelage du visage dans les arts	31
1. Le plus vieux visage de l'Humanité	31
2. Lysistratè de Sicyone : père du moulage du visage.....	31
3. Les masques funéraires de l'Antiquité	32
4. Les masques mortuaires de la Renaissance.....	35
5. Les Portraits de Pietro Bernini	35
6. Les portraits en cire d'Antoine Benoist	36
7. Les portraits sculptés et l'Ecorché d'Houdon	36
8. Le moulage au XIX ^{ème} siècle	37
9. Le moulage hyperréaliste du XX ^{ème} siècle.....	38
II. En anthropologie	41
A. Anthropologie archéologique.....	44
B. Anthropologie médico-légale et criminelle	46
C. Anthropologie médicale.....	48
III. En médecine	51
A. Les prémices de la prothèse maxillo-faciale	52
B. Bases thérapeutiques de la prothèses maxillo-faciales.....	58

Deuxième partie : SEQUENÇAGE DU GESTE

<i>I. La première consultation</i>	<i>61</i>
<i>II. Les étapes prothétiques</i>	<i>62</i>
A. L’empreinte faciale	62
B. Coulée des modèles et réalisation de la maquette en cire	63
C. Essayage de la maquette en cire et choix de la couleur de base.....	65
D. Réalisation de la prothèse en silicone.....	66
E. Maquillage de surface et pose de la prothèse	67
<i>III. La maintenance</i>	<i>69</i>
<i>IV. Illustrations avec trois cas cliniques</i>	<i>70</i>
A. Réalisation d’une épithèse nasale	70
B. Réalisation d’une prothèse auriculaire	75
C. Réalisation d’une prothèse oculo-palpébrale.....	78

Troisième partie : INTERFACE HOMME - MACHINE

<i>I. Les débuts de la CFAO</i>	<i>85</i>
<i>II. Principes de l’empreinte optique</i>	<i>87</i>
<i>III. Etapes prothétiques assistées par ordinateur</i>	<i>89</i>
A. L’empreinte optique	89
B. L’acquisition des données	90
C. La conception	91
1. La modélisation pré-opératoire	91
2. La méthode du miroir	92
3. La base de données	92
D. La fabrication	93
1. Les méthodes soustractives	93
2. Les méthodes additives	93
E. Différentes adaptations cliniques	97
<i>IV. Avantages et inconvénients de la CFAO en prothèse faciale</i>	<i>99</i>
A. Avantages	99
B. Inconvénients	100
<i>CONCLUSION</i>	<i>101</i>
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	<i>102</i>
<i>TABLES DES ICONOGRAPHIES</i>	<i>107</i>

INTRODUCTION

La prothèse faciale semble être la plus ancienne des disciplines concernant la réhabilitation du corps humain. Ceci n'est pas surprenant puisque le visage, reflet de la personnalité et des émotions, a été, de tout temps, l'objet d'un grand intérêt de la part de l'Homme. Cette fascination a conduit à la réalisation de portraits dans la religion, l'art ou l'artisanat sous différentes formes : peinture, relief, sculpture. Le moulage et le modelage sont issus des méthodes artisanales ancestrales de façonnage de la matière, utilisés notamment dans l'Art. Les premières représentations connues du visage remontent à la Préhistoire. Depuis d'innombrables exemples parcourent l'Histoire de l'humanité. Dans l'Antiquité, les égyptiens lors de rites funéraires produisent des masques sur les momies permettant au défunt d'accéder à l'au-delà. A partir du XIX^{ème} siècle, l'Homme s'intéresse à la reconstitution du visage : d'abord pour redonner apparence à ces ancêtres, puis dans une volonté d'enseignement de l'anatomie et de la dermatologie, enfin dans un intérêt médico-légal.

Cette représentation du visage en trois dimensions concerne également le domaine de la prothèse faciale qui reproduit une partie du visage manquant. Le visage mutilé est ainsi réparé. Ces blessures souvenirs de bataille ou en punition d'une faute, semblent avoir, de tout temps, existé. Il est probable que ces dommages aient été réparés mais les récits manquent ou ne sont pas toujours avérés. Les grands conflits, notamment la Grande Guerre avec leurs lots de blessés de la face rapportent des écrits de ces réparations qui ont contribué à l'essor de la prothèse maxillo-faciale.

Actuellement, les mutilations de Guerre ne font plus partie des motifs de consultation en prothèse maxillo-faciale. Les principales étiologies de pertes de substance faciales sont d'origine carcinologique et traumatologique. Traitées par des procédés chirurgicaux dans la mesure du possible, certains défauts ne peuvent être réparés chirurgicalement et font appel à la prothèse maxillo-faciale.

Dans une première partie, nous nous intéresserons aux méthodes de moulage et de modelage artisanal d'objets puis du vivant et du visage ainsi qu'à leur application dans l'Art, en anthropologie et dans le domaine médical. Dans les deux autres parties, nous détaillerons le procédé de réalisation d'une épithèse faciale suivant la technique classique actuelle puis selon la méthode de conception et fabrication assistées par ordinateur.

Première partie

NOTIONS DE MOULAGE ET MODELAGE

Définition de mouler : « Obtenir ou reproduire (un objet) à l'aide d'un moule creux, en coulant une matière dans ce moule ». (1) (2)

Définition de modeler : « Façonner (un objet) dans une substance plastique ». (1) (2)

L'étymologie des termes moulage/modelage, mouler/modeler, moule/modèle se rapporte au même terme latin *modulus* (diminutif de *modus*), notion d'architecture qui désignait « la mesure arbitraire servant à établir les rapports de proportion entre les parties d'un ouvrage d'architecture ». *Modulus* signifiait aussi « note, air de musique ». Ce sens a donné le terme *moduler* « faire passer le chant ou l'harmonie dans des tons ou modes différents ». (3)

Le nom commun *modèle* fait son apparition à la Renaissance sous l'orthographe *modelle*, se définissant comme une « figure destinée à être reproduite » dont découle le verbe *modeler* « rendre semblable à quelqu'un ou quelque chose » (en 1585). (1) (2)

Le terme *molle* est apparu au Moyen-Age, désignant un « corps creusé dans lequel on verse une substance liquide ou pâteuse qui en se solidifiant garde la forme prise dans la cavité ». On parlera ensuite de moule, Mme de Sévigné écrit dans ses Lettres en 1678 « jetées dans le même moule » pour évoquer une ressemblance frappante entre deux individus. (1) (2)

I. Le moulage et modelage dans les arts plastiques (4) (1)

De tout temps, l'Homme a façonné la matière. D'abord dans un but utilitaire avec la confection de récipients, d'outils pour la chasse ou l'agriculture, il a ensuite créé dans une optique décorative et ornementale.

La matière appelant la technique, l'Homme a su d'après les propriétés physiques des matériaux qui s'offraient à lui, guider leur exploitation. Ainsi sont apparues la métallurgie, la menuiserie, la vannerie, la poterie ... Ces procédés ont traversé les âges et sont toujours employés de nos jours dans de nombreux domaines.

A travers ce chapitre, nous développerons les techniques de transformation de la matière par moulage et modelage dans les arts plastiques. Voici quelques définitions pour aborder les paragraphes suivants : (1) (5)

Ronde-bosse : Ouvrage exécuté en plein relief se détachant devant un fond.

Ouvrage en relief dont les formes sont travaillées sur toutes ses faces et donc autour duquel on peut tourner pour l'observer de tous les côtés.

Bas-relief : ouvrage dont le relief est en faible saillie sur un fond uni et qui se démoule facilement.

Haut relief : ouvrage dont les reliefs sont bien détachés du fond et présentent généralement des parties en contre-dépouille.

A. Le moulage

Les techniques de moulage diffèrent en fonction de la nature, de la taille et de la complexité du modèle mais aussi selon le matériau utilisé, le nombre d'exemplaires souhaité et la situation du modèle (en extérieur, en hauteur, etc) et son volume.

Dans tous les cas, la réalisation d'un moulage comprend toujours deux étapes : la confection du moule, un modèle négatif de l'ouvrage original puis le tirage révélant un modèle positif de l'ouvrage original. Les modèles positifs et négatifs sont généralement fabriqués avec des matériaux différents.

Des moules datant de l'âge de bronze ancien (III^{ème} millénaire avant J.C.) furent retrouvés dans diverses régions du monde comme en Egypte, en Asie, en Europe et notamment en France. Ces moules, souvent en pierre tendre pour permettre de servir presque indéfiniment, étaient difficiles à tailler. C'est pourquoi, on retrouve également des moules en bronze et en argile, ces matières plastiques permettent aussi la multiplication des tirages mais en nombre plus limité. Les moules en bronze et en pierre servaient vraisemblablement à la réalisation de modèles positifs en cire qui étaient utilisés pour la confection de moules en argile plus fonctionnels. Ces moules faisaient naître différents objets dont la matière était déterminé par la fonction. Les alliages comme le bronze ou le cuivre mélangé à l'arsenic, compte tenu de leur dureté, étaient utilisés pour la confection des armes ; le cuivre pur servait plutôt à la création d'objets décoratifs. (4) (6) (7)

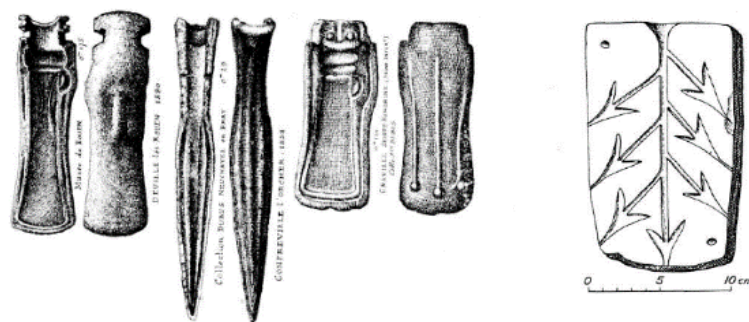


Figure 1 : Représentations de moules en bronze pour haches et lances (Normandie) et pointes de flèches (station de Corcelette en Suisse) datés de l'âge de bronze.

1. La réalisation du moule (le modèle négatif)

La réalisation du moule impose une réflexion préalable sur le résultat escompté. La reproduction de détails, le nombre de tirage, la malléabilité du matériau, le volume de la pièce à reproduire ... autant de paramètres à prendre en compte dans le choix du matériau et de la technique.

a) Le moule en bateau (8) (9)

Utilisé principalement pour obtenir rapidement des reproductions d'objets de petite taille, la fabrication du moule en bateau consiste à isoler l'objet en le mettant dans un récipient ou en l'encerclant d'un petit muret puis à verser le matériau à l'intérieur. En absence de contre-dépouille, il est possible d'utiliser un matériau rigide comme le plâtre ou la résine. En présence de contre-dépouille, l'utilisation d'un matériau souple (alginate, gélatine) est indiquée.



Figure 2 : moulage en bateau avec du plâtre en bas-relief (à gauche), schéma d'un moulage en bateau avec matériau souple d'une figurine en ronde-bosse présentant de nombreuses contre-dépouilles (à droite)

b) Le moule estampé (8) (9)

Moule à creux perdu :

Ce moule est utilisé en présence de nombreuses contre-dépouilles. Il ne permet de produire qu'un seul tirage de l'objet car il est détruit lors de la découverte de la reproduction.

Moule à bon creux ou à pièces :

Ce moule n'est pas détruit lors du démoulage, il peut être réutilisé afin d'obtenir plusieurs tirages de l'objet.

Il existe 3 types de moules :

- Le moule estampé à pièces rigides : composé de plusieurs parties assemblées entre elles. Le moule doit être « raisonné » afin que chaque partie ne soit pas exposée aux contre-dépouilles.

Autrefois, on utilisait le plâtre pour réaliser ces moules. Grâce à des pièces et des chapettes, une forme globale de dépouille était réalisée puis on réalisait la chape. Pour réaliser les tirages, on réassemblait les différentes parties tel un puzzle.

Désormais, ces moules sont réalisés en résine stratifiée et les différentes parties sont maintenues entre elles par des boulons. Il est possible de combler les contres dépouilles ou les zones très détaillées par des inserts souples que l'on remplacera ensuite pour chaque tirage.

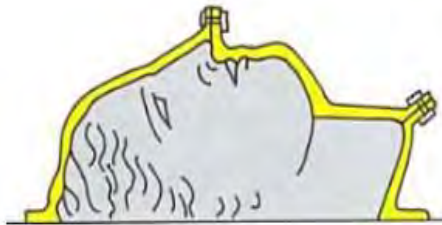


Figure 3 : moule en résine stratifiées, composé de plusieurs pièces maintenues par des boulons

- Le moule à membrane estampée sous chape :
 - Haut relief : on applique un matériau souple sur l'objet avec un pinceau, puis une 2^{ème} couche après séchage puis une 3^{ème} couche avec un renfort textile à larges mailles. On réalise ensuite une chape en plâtre ou résine.

- Ronde bosse : on retourne l'objet et on réitère les opérations décrites précédemment. Pour démouler, on retire la chape en résine stratifiée puis la partie souple en la retroussant comme une chaussette.

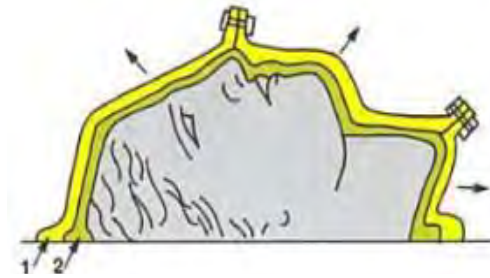


Figure 4 : moule à membrane estampée sous chape.
(1 : chape rigide, 2 : membrane souple)

- Le moule à membrane coulée sous chape : contrairement au protocole précédent, cette technique nécessite de réaliser dans un premier temps la chape et ensuite la membrane. On recouvre le modèle d'une feuille isolante pour le protéger (ex : aluminium). On applique le plâtre grossièrement sur toute la surface de l'objet (il sera ensuite remplacé par un matériau souple) et on place les tiges de coulées. Par-dessus, on va réaliser la chape en plâtre ou résine stratifiée. Puis on va décoffrer la chape, détruire la membrane en plâtre et enlever le film isolant. On réassemble la chape autour de l'objet et on va couler un matériau souple par la tige de coulée jusqu'à ce qu'il remonte par les événements.

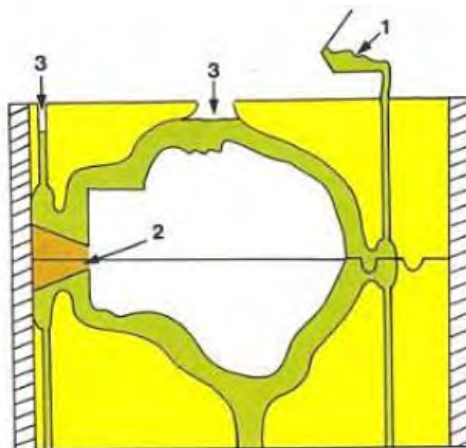


Figure 5 : dernière étape de la réalisation du moule à membrane coulée sous chape : coulée du matériau souple. (1 : coulée de la membrane souple, 2 : tige de coulée en terre, 3 : événements)

c) Moule au trempé (8) (9)

On trempe l'objet dans un matériau en phase liquide ou de durcissement, puis on attend le durcissement du matériau. Le démoulage se fera en coupant ou en tirant sur l'objet.

d) Galvanoplastie ou électroformage (8)

Cette technique repose sur le principe d'électrolyse. L'objet est rendu conducteur, puis plongé dans un bain d'électrolytes. Il est relié à la cathode tandis qu'une plaque de métal est reliée à l'anode. Le mouvement des ions entre l'anode et la cathode va former une couche métallique à la surface du modèle. Cette couche peut aller jusqu'à plusieurs dizaines de millimètres.

Cette technique est utilisée pour recouvrir d'argent des couverts, pour dorer des bijoux mais aussi pour la confection de moule nécessitant alors une épaisseur plus importante.

e) Moulage sur le vivant (5) (10)

Le corps humain vivant est sans cesse animé par des mouvements volontaires ou involontaires (mouvements respiratoires, mimiques faciales, réflexes...). En recueillir un état stable et immobile amène à une interprétation de ce corps.

Le moulage du vivant fait appel aux mêmes techniques d'empreinte que le moulage d'un objet. La composante humaine en modifie quelque peu l'approche. L'artiste doit tenter de tisser un lien de confiance et de partage avec son modèle en lui expliquant ce qu'il attend de lui et en le faisant participer au projet.

Montrer les outils et ustensiles utilisés, expliquer le déroulement des étapes, choisir ensemble la position qu'il devra tenir pendant de longues minutes permettra au sujet de se sentir pleinement acteur et pas seulement modèle.

Ce partage ne s'arrête pas à l'étape du démoulage, les deux protagonistes vont examiner l'empreinte, en discuter, exprimer leur ressenti pendant l'exercice. Le dialogue continue même si les futures étapes n'impliquent plus physiquement le sujet.

Le moulage du visage est une entreprise d'autant plus particulière. Le visage, du latin *visus*, participe passé substantivé de *videre* « ce qui est vu » est une entité complexe du corps humain. Composante la plus visible et la plus expressive du corps, reflet des sentiments et émotions, révélateur de la singularité et de l'idée d'identité de chaque être, le visage a de tous temps fasciné et continue à captiver, en particulier dans le domaine de l'art. Mais comment exprimer toutes les facettes d'un visage à travers une œuvre figée ? C'est là toute la difficulté et l'intérêt de l'œuvre artistique. (11)

Le moulage du visage est une expérience délicate pour le modèle qui doit rester immobile, yeux fermés tout au long de la séance et pour le mouleur qui doit allier dextérité et rapidité du geste. Ceci nécessite une étroite collaboration et une confiance réciproque entre les deux protagonistes.

Les yeux fermés, des pailles insérées dans les orifices narinaires pour permettre au modèle de respirer pendant l'empreinte sont autant de sources d'angoisse pour le sujet. Le mouleur va détailler le déroulement des opérations et parler au modèle tout au long de la séance pour le tranquilliser.

Moulage d'un visage à l'alginate :

- Préparation des instruments et du matériel
- Préparation psychologique et installation du sujet en position semi-assise confortable : badigeonner l'ensemble du visage avec de la vaseline en insistant sur les zones pileuses ; insérer des morceaux de paille préalablement entourés de gaze dans les orifices narinaires.
- Préparer l'alginate selon les indications du fabricant, puis l'étaler à l'aide d'une spatule sur le visage. Quand le matériau commence à prendre, appliquer deux couches de bandes plâtrées sur toute la surface de l'alginate et attendre la prise complète du plâtre.
- Pour le démoulage, demander au modèle de pencher la tête en avant et réceptionner délicatement le moule.
- Avant le tirage, fermer les orifices narinaires avec de la plastiline (pâte à modeler qui ne sèche pas et n'adhère pas).



Figure 6 : étapes du moulage d'un visage à l'alginate

Moulage d'une tête entière avec des bandes plâtrées :

- Préparation du matériel : couper les rouleaux de bandes plâtrées en pièces de 7cm.
- Préparation du modèle : préparation psychologique et installation en position assise confortable. Etaler une fine couche de vaseline sur l'ensemble du visage en insistant sur les zones pileuses. Boucher les orifices auriculaires avec du coton.
- Réalisation de la première pièce qui part du sommet de la tête et descend verticalement le long du visage en passant sur l'arête des oreilles.

Tremper les bandes de plâtres dans l'eau et les déposer délicatement sur le visage en lissant avec les doigts, puis poser une autre couche en croisant le sens des bandes. Couvrir le contour du visage puis les lèvres et finir par les yeux et le nez en veillant à laisser une ouverture au niveau des narines.

Réaliser le plan de joint : au niveau du joint, redresser les bandes plâtrées perpendiculairement à celles déjà posées pour réaliser une cornière verticale de 1 cm. Poser la couche de renfort en croisant le sens des bandes.

- Réalisation de la deuxième pièce : Enduire de vaseline, le plan de joint de la première pièce. Commencer par la confection du plan de joint qui se plaque contre celui de la première pièce. Puis poser les bandes en allant du haut de la tête vers le cou.

- Le temps de séchage à température ambiante est de 2 à 3 minutes, lorsque les bords se décollent de la peau, on peut démouler. Démouler d'abord la partie arrière puis demander au sujet de réaliser le démoulage de la partie avant, en grimaçant, il va pouvoir se détacher du masque de plâtre.
- Fermeture du moule : fermer le trou des narines, revêtir l'intérieur des parties d'un agent isolant puis sceller les 2 parties l'une à l'autre en déposant des bandes plâtrées au niveau du joint.

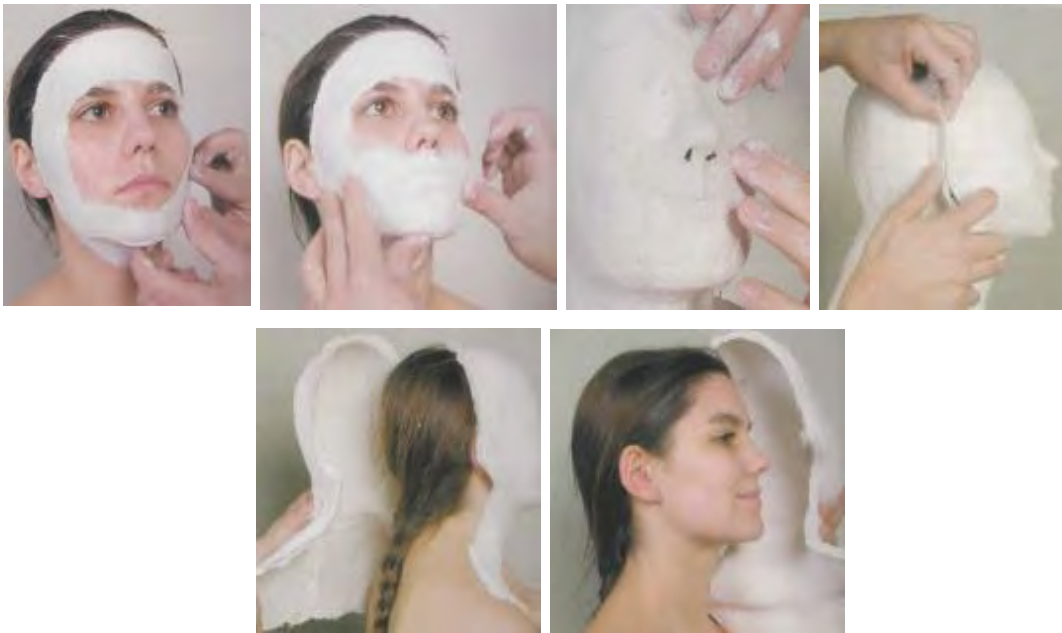


Figure 7 : étapes du moulage d'une tête avec des bandes plâtrées

2. Le tirage (8) (9)

A partir du moule, on va réaliser un duplicata de l'objet que l'on souhaite reproduire. Selon le résultat souhaité, plusieurs techniques sont employées.

a) La coulée directe

On verse le matériau liquide directement dans le moule ou par une tige de coulée. C'est la méthode la plus simple. Les inconvénients de cette technique sont la possible formation de bulles et l'éventuelle rétraction du matériau lors de la prise.

b) La coulée en source

Elle fait appel au système des vases communicants. Le moule est relié par un tuyau à un réservoir qui se situe légèrement plus haut que le moule. On veille à laisser une ouverture sur le haut du moule. On verse ensuite le matériau liquide dans le réservoir et le moule va peu à peu se remplir. On évite ainsi la formation de bulles car l'air s'échappe par le haut du moule.

c) L'estampage

On applique manuellement à l'aide d'un pinceau ou d'une spatule, le matériau à l'intérieur du moule. On peut réaliser ainsi des tirages de grande taille, léger, solide et sans bulle. On peut associer cette technique à la coulée simple pour confectionner un modèle avec une couche de surface différente de l'intérieur de l'objet (imitation métal, bois etc.).

d) Le tirage au renversé

Il s'agit du même principe que le moule au trempé. On verse le matériau dans le moule, puis on vide celui-ci, une couche fine s'est alors déposée à l'intérieur du moule. On réitère cette opération plusieurs fois. On obtient alors un objet creux de l'épaisseur souhaitée.

e) La technique de la cire perdue (4) (12)

Elle consiste à modeler un objet en cire puis à l'enrober d'argile souple. Une fois l'argile sèche, le bloc est chauffé pour faire fondre la cire. On obtient un moule de l'objet dans lequel on va venir couler le métal en fusion. Le résultat est un duplicata en métal de l'objet initial en cire.

Vieille de 4000 ans, cette technique universelle était employée chez les Sumériens vers l'an 2000 avant J-C, chez les Chinois vers l'an 1500 avant J-C mais aussi au Mexique et au Pérou précolombien et en Afrique. Elle ne cessa d'évoluer de l'âge du bronze à nos jours.

On a retrouvé, en Afrique noire notamment, des moules fabriqués selon une technique de « carcasse perdue ». Probablement issus des sociétés de type artisanal, le principe est le même que celui de la cire perdue. Une couche d'argile est appliquée sur une armature de paille, à la cuisson l'armature est carbonisée et on arrive ainsi à créer des vases de formes originales.

En Afrique occidentale, un procédé astucieux (figure 8) consistait à souder le moule à un petit creuset d'argile contenant le métal. Chauffer le tout pour faire fondre le métal et retourner le système pour que le métal coule dans le moule. On brise après refroidissement pour libérer l'objet en métal.

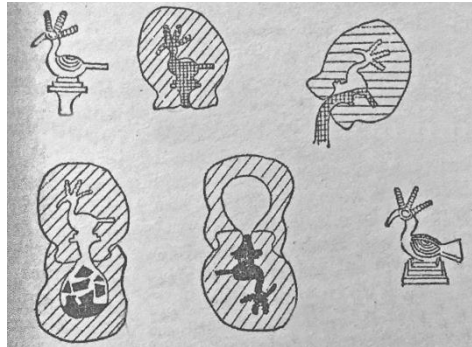


Figure 8 : ancien procédé de moulage du métal

Il existe 2 procédés de cire perdue :

- La technique directe : Utilisée pour confectionner de petits objets nécessitant une grande précision, cette technique est beaucoup employée en bijouterie mais aussi en odontologie, pour la réalisation de prothèse.

On réalise d'abord un modèle positif en cire, que l'on va inclure dans un plâtre ou ciment réfractaire c-à-d pouvant résister à des températures très élevées. A ces températures, la cire va fondre, il suffira de l'évacuer et de verser dans le moule le métal voulu à température de fusion. Après refroidissement, on casse le moule et on obtient un modèle en métal. Pour éviter la formation de bulle, on aura disposé au préalable des tiges de coulée sur le modèle en cire.

Une variante de cette technique consiste à modeler de la cire sur une sculpture en matière réfractaire. On fixe la cire à la sculpture grâce à des tiges métalliques, puis on recouvre de matière réfractaire. On élimine la cire, par fusion et on remplit l'espace laissé vide par un métal fondu. Il en résulte une copie creuse de l'œuvre originale.

- La technique indirecte : Utilisée pour créer un duplicata d'une œuvre originale en ronde bosse ou présentant des contre-dépouilles. On réalise un moule à plusieurs pièces à partir d'une sculpture qui va permettre de créer le modèle positif en cire. Les étapes suivantes seront les mêmes que celles de la méthode directe.

Ces deux procédés furent très utilisés dans la Grèce Antique pour la réalisation des statues en bronze. La grande majorité des statues grecques antiques connues à ce jour, sont des œuvres en marbre, on a connaissance de seulement une douzaine de bronzes. Cet échantillon n'est pas quantitativement représentatif de l'époque antique car les statues en bronze, victimes de pillage ou de la refonte du métal, ont été amenées à disparaître. Il faudra attendre la Renaissance italienne pour renouer avec les grandes sculptures en bronze en Occident avec entre autres en 1409 le David de Donatello et en 1554 le Persée de Benvenuto Cellini. En France, la période des grands bronzes se situe entre le XVIIème et le XVIIIème siècle avec notamment la réalisation d'immenses statues équestres : Louis XIV en 1661, Louis XV en 1758 et Pierre 1^{er} (commande de Catherine II de Russie) en 1775. Plus tard, la technique de la cire perdue fut utilisée pour de la confection de bas-reliefs comme le montre celui de Dalou fondu en 1888 par Eugène Gonon et qui orne les murs de l'Assemblée Nationale.(13) (14)



Figure 9 : Bronze (56cm) réalisé selon la technique de cire perdue dont les jets et événements sont restés en place.

Cette œuvre est une miniature de la statue équestre de Louis XIV qui siégeait place Louis-Le-Grand à Paris. L'originale fut réalisée par François Girardon entre 1685 et 1687. Elle fut ensuite traduite en bronze en 1692 par B. Keller, exercice complexe étant donné la taille de l'œuvre. La fonte en cire perdue a supposé la fabrication d'un moule gigantesque avec réseau de conduits pour permettre l'alimentation en bronze fondu. En tout 80 000 livres de bronze ont été nécessaires. La statue fut détruite suite à la révolution en 1792. (12) (15)

f) Electroformage

Il s'agit du principe d'électrolyse vu précédemment, ayant pour objet le moule.

g) Thermoformage

En chauffant une plaque de verre ou de plastique, elle va se ramollir. Grâce à sa ductilité, lorsqu'on va la mettre en contact avec un moule réfractaire, elle épousera la forme. Le matériau va garder cette forme en refroidissant.

B. Le modelage

1. Procédé par adjonction de matière (12) (16)

La technique par ajout de matière est réalisée avec des matériaux malléables comme l'argile ou la cire que l'on positionne sur une structure rigide : l'armature. L'artiste va donner forme à l'objet avec la liberté d'ajout mais également de soustraction de matière. Il va ainsi pouvoir retoucher et remanier sans limite son œuvre. C'est ce que l'on nomme le modelage, à proprement dit.

2. Procédé par soustraction de matière (1) (12) (16)

Etymologiquement, « sculpture » dérive du terme latin *sculper* qui signifie « tailler ».

Définitions de sculpture :

- « Action de tailler une matière dure, de façonner une matière selon des techniques appropriées, d'assembler divers matériaux, afin de dégager, dans un but utilitaire ou esthétique, un objet, une figure, un ornement; ensemble des techniques utilisées à cet effet. »
- « Œuvre d'art obtenue par taille directe dans un matériau dur et représentant, soit une figure à trois dimensions (statue, buste...), soit un élément en relief incorporé à la surface d'un plan (bas-relief, haut-relief...). »

La sculpture est un travail de soustraction de la matière. A partir d'un volume d'origine, on crée la forme voulue en taillant, râpant, ciselant, coupant ... autant d'actions qui permettent de réduire la matière. L'artiste utilisera le bois, la pierre pour des œuvres volumineuses, l'ivoire ou certaines pierres précieuses pour de plus petites pièces.

Le caractère définitif de la soustraction de matière nécessite une étude préalable sur les dimensions des parties à soustraire et sur la nature du matériau utilisé. L'approche du matériau dépendra de sa nature (bois, pierre), sa texture et sa densité (dureté, friabilité ...).

Malgré le prestige, tout à fait légitime qui est accordé aux artistes sculpteurs, on doit une partie du travail des grandes sculptures de l'Antiquité jusqu'au 18^{ème} siècle, aux « praticiens » qui ont pris part à la réalisation de nombreuses œuvres en pierre et en marbre. Leur tâche longue et fatigante consiste à dégrossir le bloc de pierre et mettre en place les volumes afin de laisser l'artiste se consacrer entièrement à la création de son œuvre. Des outils de « mise au point » sont utilisés et vont permettre de prendre des repères au niveau du bloc à tailler et ainsi d'éviter les erreurs. L'artiste intervient en dernier pour réaliser les finitions.

3. Modelage du corps humain (17)

Tout comme le moulage du corps, le modelage fige le vivant et amène donc à une interprétation du corps animé. A la différence du moulage où l'artiste dispose du corps humain comme matrice, le modelleur part de « rien », d'une matière informe ou d'un bloc de pierre, tel le peintre face à sa toile blanche.

Le modelage du corps humain mérite une importante phase d'observation : « le regard va guider la main ». Analyser le corps dans sa globalité, les volumes, les reliefs, les suites de courbes, bosses, creux : c'est là que débute le travail du sculpteur. Cette introduction au travail manuel va permettre à l'artiste de distinguer les différentes parties du corps et de les apparenter à des formes simples.

Une fois la décision prise de la position du corps dans l'espace, l'artiste va pouvoir commencer la phase de modelage, distribuer les volumes, faire glisser la matière, gonfler certaines zones, en creuser d'autres, ajouter, enlever, graver, tracer... pour que petit à petit l'œuvre dégage sa personnalité.

Deux principes sont de rigueur :

- Progresser du général vers le précis : débiter par des formes simples puis progresser vers des détails de plus en plus fins. Cela va se traduire par la manipulation de quantités de matériau de plus en plus petites ;
- Et du moins accessible au plus accessible : placer et travailler les parties les moins accessibles en premier pour éviter d'abimer l'œuvre en y revenant plus tard.

Les œuvres à échelle humaine ou plus grande échelle vont nécessiter un travail préalable plus laborieux comme la réalisation de croquis, l'étude des proportions ou la confection d'une maquette à plus petite échelle. Ces grandes œuvres peuvent exiger l'élaboration d'une armature sur laquelle on va venir fixer le matériau et qui permet le maintien de la statue.

C. Moulage et modelage du visage dans les arts

1. Le plus vieux visage de l'Humanité (18)

L'art pariétal recense un grand nombre de représentations animales et assez peu de représentations humaines. Dans ce domaine, les figures féminines, plus nombreuses ont été nommées Vénus paléolithiques. Leur visage est rarement sculpté.

Une pièce se dégage de cette collection de Vénus sans visage car il s'agit d'un portrait. C'est le plus vieux portrait de l'humanité connu à ce jour (vers 29 000-22 000 avant J.C.): la Dame de Brassempouy (découvert à Brassempouy dans les Landes). Ce petit ovale d'ivoire sculptée (environ 36,5 cm) met en relief les arcades sourcilières, le nez et le menton. La bouche absente donne de l'importance au regard dont la pupille et l'œil sont très finement gravés. Le détail de la coiffe traduit la précision du travail de sculpture. Ce portrait féminin, unique dans son genre, dégage une finesse et une élégance par la pureté de ses traits.



Figure 10 : Dame de Brassempouy

2. Lysistrate de Sicyone : père du moulage du visage (19)

D'après Pline, écrivain naturaliste romain du 1^{er} siècle, Lysistrate de Sicyone, sculpteur grec du IV^{ème} siècle avant J.-C. fut le premier à réaliser des moulages faciaux. Il utilise le plâtre pour prendre l'empreinte du visage, puis coule de la cire dans le moule pour obtenir un modèle positif en cire. Selon Pline, contrairement aux artistes de son temps qui s'appliquent à rendre les têtes plus belles, Lysistrate s'attache à la ressemblance.

3. Les masques funéraires de l'Antiquité

i. En Egypte (20) (21) (22)

L'Égypte antique accorde beaucoup d'importance à ses défunts et par la même à la représentation et à la conservation de leur corps. Selon les croyances de l'époque, la mort représente un passage vers une seconde vie dans l'au-delà, vers l'immortalité.

Pour y accéder, le corps doit être conservé dans le meilleur état possible et avoir l'apparence d'Osiris, dieu du passage de la mort vers l'au-delà. Une série de procédés finissant par le bandelettage est exécutée pour éviter au corps de se dégrader.

Des masques en stuc finissent d'habiller la momie. Souvent stéréotypés et standardisés sur le modèle d'Osiris, certains masques sont cependant personnalisés par quelques détails (coiffure, bijoux, ornements capillaires).

Plus tard, l'Égypte est colonisée par les grecs (en 332 av. J.-C.) et par les romains (en 30 av. J.-C.) qui pratiquent l'incinération de leurs morts. Les rites funéraires égyptiens séduisent ces populations qui commencent à pratiquer la momification, en y amenant quelques modifications. Les découvertes de momies datées de cette époque montrent une nette différence dans la représentation du visage. Des portraits individuels peints sur des planches de bois planes remplacent les masques égyptiens. On note aussi la présence de quelques masques en plâtre, modelés sur les planches en bois. Ces derniers sont produits en série par moulage puis personnalisés. L'intégrité du visage dans le rite funéraire reste primordiale, y est ajouté le souci d'identification du défunt, moins présent à l'époque des masques traditionnels.

Ces portraits rappellent les techniques de peinture romaines et, par leur réalisme, amènent à penser qu'ils ont été réalisés du vivant du sujet. Cette collection retrouvée principalement dans la région du Fayoum porte le nom de « portraits du Fayoum ».



Figure 11 : (de gauche à droite) masque plastron de Cratès, masque plastron d'un homme, portrait du Fayoum, masque du Fayoum

ii. Dans l'Empire romain (23) (24)

La civilisation romaine se soucie également du sort accordé à ses défunts. Elle a laissé derrière elle quelques traces de ses coutumes funéraires dont les *imagines majorum* (masques en cire de défunts). Selon les traditions romaines de l'époque, les morts sont laissés en exposition pendant plusieurs jours avant l'enterrement, le corps commence alors à se désagréger. Des masques, généralement en cire sont confectionnés pour dissimuler la transformation du visage. Ils sont réalisés à partir de moules en plâtre. Lors des funérailles du corps, le masque en cire est brûlé avec le corps et on détruit le moule. C'est pourquoi on a retrouvé très peu d'exemples de ces pratiques.

Une collection de moulages faciaux et masques, datant du III^{ème} siècle après J.-C, fut découverte à la fin du XX^{ème} siècle à El-Jem en Tunisie. Il s'agirait d'un ancien atelier de mouleur. Certains moules ont gardé l'empreinte originelle presque intacte avec des détails comme les cheveux, les poils, les rides. Les modèles positifs réalisés par les archéologues à partir des moules fascinent par le réalisme des visages, ce qui semble de confirmer la pratique du moulage et exclue l'idée de sculpture.

Ces portraits montrent des visages de personnes décédées (muscles de la mâchoire, lèvres contractés, orbites creusées). La procédure de l'empreinte semble donc avoir été réalisée ultérieurement à la mort. De plus, le fait que ces moulages ne puissent avoir été réalisés chez une personne vivante sans provoquer l'asphyxie confirme cette hypothèse.

Il semblerait que les moulages en cire soient ensuite retravaillés, modelés et maquillés pour effacer l'apparence mortuaire du visage et lui redonner une lueur de vie.

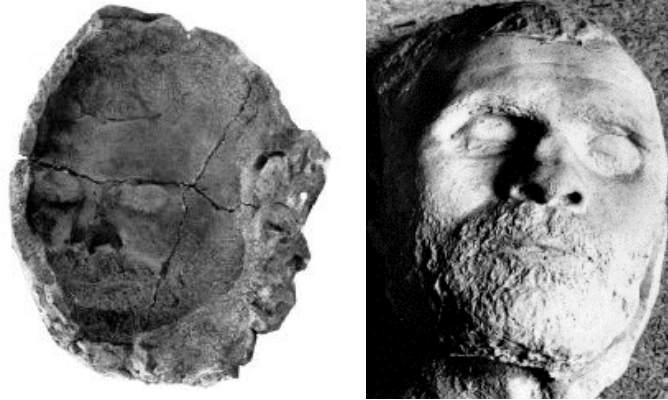


Figure 12 : moule et moulage découvert à El-Jem

iii. Masques phéniciens (25) (26)

Les phéniciens, certainement dans un but de protection de leurs morts, ont également confectionné des masques qu'ils déposaient dans les tombes pour éloigner les mauvais esprits. En terre cuite, ornés de pastilles sur le front et les joues, ajourés au niveau des yeux et de la bouche, ils présentent des visages grotesques et grimaçants dont l'expression est accentuée par des tracés mimant les rides et les fossettes. Ces visages démoniaques ont pour but d'éloigner les puissances maléfiques des défunts.

Les ouvertures au niveau des yeux et de la bouche peuvent faire penser que ces masques avaient pour fonction d'être portés mais aucun document ne le confirme à ce jour.



Figure 13 : masques grimaçants phéniciens

4. Les masques mortuaires de la Renaissance

Comme dans l'Antiquité, des masques sont parfois réalisés pour substituer au visage du monarque défunt. La prise d'une empreinte du visage éteint va servir à la confection d'un modèle en cire qui sera retravaillé pour montrer une vérité « idéale ». Le masque en cire va être placé au sommet de l'effigie du roi. François Clouet, peintre de cour, réalisa notamment l'effigie de François Ier. Il confectionna le corps en osier qu'il recouvrit par des vêtements puis moula le visage en cire qu'il peignit et sur lequel il fixa des cheveux et une barbe. Cette effigie représentant le roi était visible par tous durant la cérémonie funéraire. (27) (28)

Le masque d'Henri II a longtemps été considéré comme réalisé par François Clouet directement sur le visage du roi après sa mort en 1559. Or il s'agit plus probablement du modèle exécuté par Germain Pilon, vers 1565, pour placer sur le gisant de marbre du monument funéraire de Saint-Denis. (29)

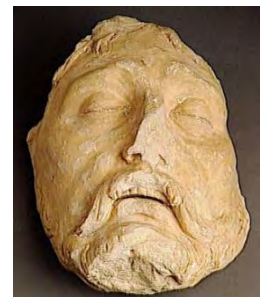


Figure 14 : masque d'Henri II

5. Les Portraits de Pietro Bernini (28)

En Italie, Pietro Bernini (1562-1629) appelé Le Bernin s'intéresse au visage. Ses bustes présentent des visages morbides : joues creusées, lèvres contractées, orbites enfoncées, autant de signes qui évoquent la mort. Ces portraits sont destinés à cette époque, comme dans le monde antique, à évoquer les ancêtres. Ce type de représentations des aïeux est également présent au Europe centrale.

Vers 1630-1640, Le Bernin s'oriente vers un portrait plus vivant. Le regard vif, les lèvres légèrement ouvertes comme en mouvement, en font des portraits « parlants ».

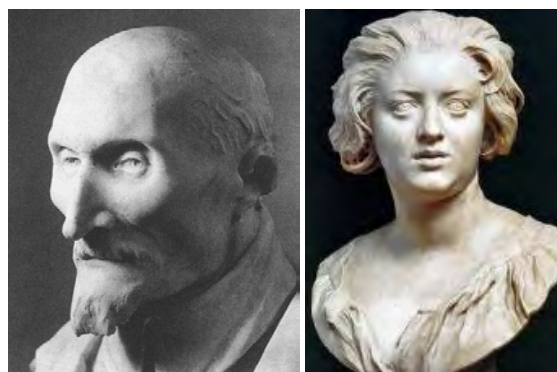


Figure 15 : Bustes Antonio Coppola (1612) Constanza Banarelli (1637)

6. Les portraits en cire d'Antoine Benoist (32)

Au début du 18^{ème} siècle, la cour se fascine pour le travail du célèbre portraitiste sur cire Antoine Benoist (1562-1629). Grâce aux techniques de moulage et à l'utilisation de pigments pour colorer la peau et d'émail pour définir l'œil, il arrive à insuffler un réalisme surprenant à ses visages.

Le titre de « peintre du roi et unique sculpteur en cire coloriée » lui permis de réaliser 11 portraits de Louis XIV à différents stades de sa vie.

Le seul qui nous soit parvenu est accompli autour de 1705, le roi a environ 65 ans. Le réalisme de l'épiderme sur lequel on perçoit les traces de variole que le roi avait contracté dans sa jeunesse est probablement le résultat d'une série d'empreintes directe sur le visage du roi. Une récente restauration a permis d'établir que les cheveux sont d'origine humaine. Les yeux sont en verre. On peut même percevoir l'oreille du souverain en soulevant la chevelure. Ce portrait constitue, sans doute, l'effigie la plus réaliste du Louis XIV. (30)



Figure 16 : Bas-relief en cire de Louis XIV

7. Les portraits sculptées et l'Ecorché d'Houdon (31)

Houdon (1741-1828) est reconnu comme le plus grand portraitiste des Lumières. Très inspiré par l'art statuaire antique, il s'attache à donner vie et mouvements à ces bustes. L'orientation du regard, la bouche entrouverte, la torsion de la tête par rapport au haut du corps, le mouvement des cheveux, donnent l'impression d'une image prise sur le vif. Il réalise d'abord un modèle original en terre ou en plâtre qu'il va mouler et reproduire en plusieurs exemplaires. Il reprend ainsi les épreuves à la sortie du moule et donne dans le plâtre, les accents et la vivacité de surface ce qui confère à chacune un caractère unique.

Il va ainsi produire plusieurs portraits de Voltaire : buste « nu », « en perruque », « à la française » etc. Sa préférence pour le naturel va lui faire préférer ses modèles sans perruque.

Il examine le réel dans ses moindres détails qu'il reproduit dans la matière avec justesse (rides, ridules, courbes des oreilles). En façonnant la terre, il trouve divers moyens pour donner de l'intensité au regard.

Son souci du réalisme et son intérêt pour la symétrie et la géométrie du corps amènent Houdon à s'intéresser à l'anatomie. Au carrefour entre science et art, il réalise en 1769, son écorché qu'il invoque comme « le choix pur des proportions et des formes ».



Figure 17 : Portrait de Denis Diderot (1771), Portrait de Voltaire (1778), Ecorché (1767)

8. Le moulage au XIX^{ème} siècle (28) (32)

En 1847 Auguste Clésinger expose au Salon de peinture et sculpture de Paris, son œuvre « Femme piquée par un serpent ». Le réalisme du corps figuré dans tous ses détails, allant jusqu'à reproduire la cellulite en haut des cuisses, avait été obtenu par un moulage direct du corps. La technique employée et le réalisme de l'œuvre ont concouru au scandale.

Dès le 18^{ème} siècle, nous retrouvons des exemples de sculpture par moulage du corps humain. Cette pratique, d'un point de vue artistique est dénigré par certains qui y voient là, un procédé mécanique simplifié et non de l'art. DAVID d'ANGERS (1788-1856) en évoquant le travail de Vincenzo VELA (1820-1891) déclare « Vela moule tout [...] Ce n'est, certes, pas là le but de la vraie statuaire, qui doit être pour ainsi dire moulée dans le cerveau de l'artiste, et pour peu que celui-ci soit initié aux merveilles de la nature, s'il a su pénétrer les secrets d'une âme, il fera de son œuvre vivante de la vie morale ».

Bon nombre d'artistes, au cours du 19^{ème} siècle, eurent à s'expliquer pour ces pratiques, comme Antoine MERCIÉ (1845-1916) avec son « David ». Auguste RODIN (1840-1917) pour son œuvre « Age d'airain » fut accusé d'avoir procédé à un moulage sur modèle vivant, celui-ci s'en offusque et va prouver, avec l'aide d'experts, qu'il n'a pas eu recours au moulage. Va s'en suivre une longue lutte contre cette approche qu'il considère avec mépris « beaucoup moulent sur nature [...] cela va sans dire, ce n'est pas de l'art ».

9. Le moulage hyperréaliste du XX^{ème} siècle

Ce n'est qu'à la fin du 20^{ème} que le moulage fut considéré comme une technique artistique à part entière, notamment avec George SEGAL (1924-2000) aux Etats-Unis et l'exposition à la Janis Gallery en 1962. Intitulée « Les représentations du Corps 2 – Une pratique, le moulage en sculpture », elle regroupe les œuvres de 18 sculpteurs de 8 pays tel que la France, l'Angleterre, les USA, la Tchécoslovaquie, l'Argentine, le Japon, la Pologne et la Hollande. Elle va alors démontrer que l'empreinte corporelle, en dehors du procédé purement technique, engendre « une dynamique créative particulièrement originale ».

Georges Segal dans sa quête d'une émotion que chacun « peut voir, toucher, sentir », va s'adonner à différentes techniques artistiques pour représenter les corps, il commence le moulage en 1961. C'est ce moyen d'expression qui va le faire connaître. Il réalise ses empreintes corporelles avec des bandes plâtrées et il va ensuite retravailler le modèle en accentuant ou adoucissant certains traits. Puis il va mettre en scène ses personnages avec des objets réels ou en les plaçant dans des espaces publics. A travers ses œuvres, G. Segal recherche ainsi une rencontre, un « choc » entre l'œuvre et le spectateur. (33)



Figure 18 : Gay libération (1980)

La représentation issue de moulages sur le vivant, redevient avec l'apparition de techniques modernes et de nouveaux matériaux comme le polyester, réaliste et même hyperréaliste. Elle ne souhaite plus impressionner par sa beauté mais questionner. Elle atteint le but qui a longtemps marqué la sculpture : « la ressemblance absolue » et le dépasse. A travers une mise en scène, l'utilisation d'objets, l'artiste nous interpelle, nous fait nous interroger. « La femme au caddie » de Duane Hanson (1925-1996) questionne le spectateur sur la société de consommation et le mode de vie à l'américaine.



Figure 19 : "Femme au caddie" Duane Hanson (1969)

Ces techniques de moulage et modelage hyperréalistes sont également utilisées dans le milieu du théâtre et du cinéma afin de réaliser des prothèses ou masques faciaux. Les acteurs ont ainsi la possibilité de changer de visage et de prendre l'aspect de leur personnage. Les postiches peuvent être de simples blessures en silicone, ou bien un nez, des oreilles ou encore le visage dans sa totalité. Divers matériaux tels que le latex, la gélatine ou la silicone sont employés au travers de différentes méthodes.

A titre d'exemple, voici comment est réalisée une prothèse de nez :

Dans un premier temps, le prothésiste prend l'empreinte du visage du comédien, à partir de laquelle sont tirés plusieurs modèles positifs. Sur un modèle, le faux nez est sculpté en pâte à modeler. Puis un moule en deux parties de ce faux nez est confectionné : pour cela, on transfère la maquette en pâte à modeler sur un modèle positif du nez de l'artiste, on réalise un coffrage, puis on coule un autre plâtre par-dessus. Une fois le plâtre pris, le moule en 2 parties est utilisé pour tirer la prothèse en gélatine, silicone ou mousse de latex.

La prothèse de nez sera ensuite positionnée et collée sur le visage du comédien. Une à plusieurs heures de maquillage sera ensuite nécessaire pour masquer la prothèse et donner vie au personnage. L'exemple ci-dessous correspond à la métamorphose de l'acteur Eric Elmosnino en Serge Gainsbourg lors du film retraçant la vie du chanteur. La transformation comprend, entre autres, la pose de prothèses d'oreilles et de nez.



Figure 20 : Transformation de l'acteur Eric Elmosnino en Gainsbourg

La confection de ces postiches similaire à celle des prothèses faciales, fait appel aux étapes classiques de moulage et modelage. Toutefois, les finalités diamétralement opposées démontrent des dissemblances quant à leur utilisation. La pose de la prothèse au cinéma ou au théâtre toujours accompagnée de la séance de maquillage peut durer plusieurs dizaines de minutes à plusieurs heures. C'est le travail d'un maquilleur professionnel qui effectue toutes les retouches le long du tournage et se charge également des longues phases de démaquillage. De plus, les prothèses ne sont portées que quelques minutes ou quelques heures, une petite gêne peut alors être supportable. Enfin, certains matériaux ne résistent pas aux variations de températures comme la gélatine très sensible aux fortes chaleurs, son utilisation est alors limitée à de courtes séquences. Toutes ces raisons marquent la différence entre les prothèses faciales du monde du spectacle à celles à usage médical qui doivent être confortables car portées tout au long de la journée durant toute l'année et d'entretien facile et rapide pour le patient.

II. En anthropologie

Le moulage et le façonnage du corps et du visage ont, de tout temps, captivé et pas seulement dans le domaine artistique. Plusieurs disciplines anthropologiques se sont appropriées ces techniques dans des desseins relativement différents.

Les premiers à s'y intéresser furent animés par la curiosité de reconstituer des visages anciens de personnages célèbres ou de populations lointaines. Avec la conservation ou la découverte des crânes, ils vont tenter de remodeler le visage en y plaçant les tissus mous. Cette reconstitution va nécessiter de posséder des informations sur l'épaisseur du revêtement.

Au 17^{ème} siècle, Herman Welcker (1822-1897) entreprend des recherches sur 13 cadavres de sexe masculin. Il mesure la profondeur des tissus mous au niveau de 9 points de repères situés sur la ligne médiane de la face.

Le précurseur en matière de reconstitution faciale par modelage fut Wilhelm His (1831-1904) qui réalise le buste de Jean-Sebastien Bach. Ses recherches portent sur un échantillon de 28 sujets, il analyse l'épaisseur des parties molles au niveau de points médians mais également latéraux. Il reporte ces mesures sur les crânes, les matérialisant par des petits indices en plâtre de la hauteur escomptée qu'il relie ensuite entre eux avec de l'argile.

A la fin du 19^{ème} siècle, les recherches sur l'épaisseur des tissus mous continuent, Kolmann et Buchly à partir de mesures réalisées sur 45 hommes et 8 femmes, moins de 24h après leur mort établissent des mesures plus précises et déterminent des corrélations entre repères osseux et attaches musculaires. Ils évaluent les variations d'épaisseur des tissus mous en fonction du sexe, de l'âge, de la santé et l'alimentation. Leur méthode va permettre d'établir un visage mais va échouer dans l'individualité de celui-ci.

Au début du 20^{ème} siècle, Michail M Gerasimov, anthropologue russe, va fournir le plus de travaux dans ce domaine. Il élabore une méthode de reconstitution tri-dimensionnelle qu'il utilise dans un premier temps sur des spécimens paléontologiques puis dans le domaine médico-légal. Il incorpore le dessin dans sa démarche : après avoir reproduit le crâne sur le papier, il va dessiner les contours du visage qui vont servir de base dans la réalisation du portrait en trois dimensions. On va qualifier cette méthode d'anatomique (ou morphoscopique ou encore morphologique) car elle consiste à placer sur le crâne dans un

premier temps les muscles, les parties graisseuses, les glandes salivaires puis à recouvrir le tout par la couche finale, la peau. Gerasimov va détailler cette méthode précise dans un livre qu'il publie en 1955 sous le titre « La reconstitution du visage d'après le crâne ».

Un peu plus tard, dans les années 1970-1980, les américains s'intéressent aussi à la reconstitution faciale. Rhine, Moore et Campbell reprennent les travaux de leurs prédécesseurs allemands et russes et entreprennent des recherches sur l'épaisseur des tissus mous, cette fois-ci en comparant les populations blanche américaine et noire américaine. Ils s'affranchissent de la phase de dessin et du positionnement des différentes structures anatomiques. Ils déterminent ainsi des standards d'épaisseur des tissus mous de la face qu'ils vont reporter sur le crâne sous forme de petits plots de cire qui seront ensuite reliés par de la plasticine. Cette méthode ne se base plus sur le détail des différentes couches anatomiques du visage mais sur la géométrie et l'architecture globale du visage, c'est une technique morphométrique. (34) (35)

Dans l'état actuel des connaissances, aucune des deux méthodes ne peut prétendre à de meilleurs résultats car aucune comparaison fiable avec un échantillon significatif n'a été réalisée. (36)

Le laboratoire de Lyon crée sa propre méthode en 1986 : la méthode DMP (d'après les initiales de ses créateurs : Desbois, Mallet et Perrot). Raoult Perrot, à cette date expert en Anthropologie médico-légale à la Cour d'Appel de Lyon est souvent amené à déterminer chez des ossements de sujets inconnus, 4 critères : sexe, âge, morphophénotype cutané, taille. Or selon ces critères, plusieurs individus peuvent correspondre à une même description, la réponse à ce problème se trouve dans la reconstitution des traits du visage. Claire Desbois, étudiante en chirurgie dentaire, effectue sa thèse dont le sujet porte sur la reconstruction faciale ; ses compétences en langue russe vont être d'une aide précieuse dans la traduction de l'ouvrage de Gerasimov. Claude Mallet anthropologue et anatomiste va être un élément essentiel au projet grâce à sa connaissance de la myostéonomie (discipline mettant en relation importance fonctionnelle d'un muscle, insertion osseuse et trait de la face). Ensemble, ils vont analyser les modifications osseuses au niveau des insertions des muscles du visage en rapport avec leur activité dans la mimique faciale mais aussi l'influence de l'anatomie du crâne, de la corpulence et de l'âge sur l'épaisseur des tissus mous. (37)

A partir de leurs travaux, ils vont élaborer une méthodologie dont les différentes étapes sont brièvement expliquées ci-dessous : (37) (35)

- Préparation de la tête : le crâne est plongé dans un bain bouillant javellisé pour le débarrasser de tous les restes de chairs.
- Etude anthropométrique : l'étude descriptive et métrique du crâne (indices, angles, classe squelettique, classes sagittales d'occlusion, dentition ...) va permettre de déterminer le sexe, l'âge et l'ethnie de l'individu.
- Dessin au dioptographe cubique : le crâne est dessiné sous 4 angles.
- Etablissement des contours du visage : cette étape se base sur des standards d'épaisseur. 26 points anthropologiques sont retenus : 13 sur l'axe médian du visage et 13 sur le profil.
- Etude myostéonomique : elle va évaluer l'activité des muscles de la mimique selon les modifications osseuses de leurs insertions et établir la présence et l'importance des rides.
- Portrait facial : aux quatre vues crâniennes, vont être ajoutés les contours du visage. Au préalable, une étude particulière des éléments nobles du visage (yeux, nez, bouche, menton et oreilles) est réalisée.
- Sculpture : Des jauges sont réparties sur la surface du crâne qui seront ensuite réunies par de la pâte à modeler. Quant aux yeux, nez, bouche, menton, oreilles, ils sont sculptés en se basant sur le portrait graphique. La couleur des yeux et des cheveux sera subjective car elle ne peut être déterminée.

Plusieurs techniques de reconstitution faciale bidimensionnelle ou tridimensionnelle sont recensées dans la littérature, elles diffèrent plus ou moins de la méthode DMP. L'outil informatique ainsi que l'apport de la radiographie et de l'imagerie numérique ont permis d'améliorer la recherche sur les tissus mous et de perfectionner certaines étapes préalable au modelage, notamment celles de dessin. Cependant, la reconstruction tridimensionnelle manuelle est vraisemblablement la méthode de reconstruction faciale la plus répandue actuellement, expérimentée ou pratiquée par les médecins légistes, odontologistes, anthropologues ou artistes médico-légaux. (36)

A. Anthropologie archéologique

L'intérêt pour les hommes fossiles a amené certains passionnés à tenter de redonner une apparence humaine à ces vieux ossements. Or nous ne pouvons prétendre à connaître le vrai visage de nos ancêtres. Toutefois, depuis la reconnaissance de l'Homme préhistorique au 19^{ème} siècle, la recherche repousse sans cesse les limites de l'objectivité dans ce domaine.

Des musées des quatre coins du monde font appel à des artistes sculpteurs, modelleurs pour redonner visage et corps à ces Hommes préhistoriques. C'est le travail que réalise la paléo-artiste Elisabeth Daynès, depuis 25 ans, aux côtés de paléontologues et d'anthropologues médico-légaux de l'institut de recherche criminelle. Ces reconstitutions s'appuient sur des travaux d'anatomistes qui ont établi des liens entre la forme du crâne et l'apparence du visage. Parfois pour des individus très anciens, il n'existe pas de référence, elle va alors poser des hypothèses qu'elle validera auprès de ces anatomistes.

Dans un premier temps, en collaboration avec l'anthropologue, une expertise du crâne va être réalisée qui va déterminer ses caractéristiques morphologiques (largeur de la face, hauteur du front, forme du visage), son sexe, son âge et son appartenance ethnique.

Dans un deuxième temps, le crâne va être scanné puis numérisé en trois dimensions. On va pouvoir placer sur ce crâne, les marqueurs virtuels des parties molles. On utilisera aussi l'image pour reconstituer un visage type, grâce à un logiciel de portrait-robot, qui permettra de guider l'artiste dans la réalisation de l'œuvre.

Le crâne originel va être moulé puis coulé et la paléo-artiste va ainsi pouvoir opérer sur un modèle. Des repères verticaux, sous forme de petites allumettes, vont être placés à différents endroits du crâne et vont communiquer les épaisseurs des tissus mous. Sur ces repères, deux encoches représentent le minima et le maxima d'épaisseur. Elle modèle d'abord les muscles en argile, l'œuvre a alors l'apparence d'un écorché. Elle place ensuite les globes oculaires puis termine par l'enveloppe finale : la peau.

Un modèle positif de la sculpture est reproduit en silicone grâce aux techniques de moulage. Ce matériau présente l'avantage de pouvoir être teinté dans la masse, on peut ainsi obtenir une couleur chair initiale. Là s'arrête sa collaboration avec le domaine scientifique, pour laisser place à la subjectivité de l'artiste. Cette dernière va peindre les nuances de couleur de peau, appliquer les cheveux, la pilosité, travailler l'expression du regard pour donner à ces sculptures, une étincelle de vie. (38)



Figure 21 : étapes de réalisation d'une reconstitution de la tête par Elizabeth Daynes et cas d'une reconstitution achevée

La reconstitution faciale place le crâne au centre du projet : c'est le point de départ de la démarche, l'outil de réflexion et le noyau du visage reconstitué. Parfois ce crâne est inaccessible, comme dans le cas des momies égyptiennes de l'antiquité qu'il convient de garder en l'état.

Pourtant à la fin du 20^{ème} siècle, des chercheurs se sont lancés dans le projet de reconstituer le visage d'une momie sans dérouler les bandelettes qui la protègent. La particularité du projet fut de combiner archéologie, sciences et techniques médicales afin de disséquer ce bien historique tout en le préservant. Cela fut possible grâce aux progrès considérable de la médecine et de l'informatique. La momie fut transportée pour être scannée. Les différentes coupes ont permis d'établir une reconstitution en trois dimensions de son crâne. Grâce à une des toutes premières imprimantes trois dimensions, une reconstitution du crâne fut réalisée en cire. La reconstitution des tissus mous renvoie à celle décrite ci-dessus. (39)



Figure 22 : images 3D du squelette et du crâne/ une des étapes de la reconstitution/ le visage reconstitué.

Un travail identique est réalisé en 2005, à Toulouse, par un groupe de scientifiques sous l'égide du Pr Phillipe Pomar. La momie égyptienne du Musée Georges Labit est passée au scanner afin de la débarrasser de ses bandelettes. Après analyse des ossements et des techniques d'embaumement, il est entrepris de reconstituer virtuellement, en 3 dimensions, le visage de la défunte. Le modelage de la face est réalisé grâce à des logiciels de modélisation. (40)



Figure 23 : Etapes de la reconstitution virtuelle en 3D du visage de la momie égyptienne du Musée G. Labit

B. Anthropologie médico-légale et criminelle (36)

Le domaine médico-légal trouve un intérêt dans la reconstitution faciale pour l'identification de personnes. Cette méthode sera utilisée en dernier recours, après avoir envisagé toutes les autres techniques d'identification.

Pour identifier formellement un sujet décédé non reconnaissable, des méthodes scientifiques de comparaison sont à la disposition des enquêteurs (comparaisons des empreintes digitales, radiologique, odontologique ou de l'ADN). On peut aussi parfois se baser sur des éléments remarquables comme la présence d'une prothèse de hanche ou d'un tatouage inhabituel. Mais ces outils nécessitent de posséder les éléments de comparaison autrement dit des pistes de sujets disparus.

Au début d'une investigation, pour orienter les enquêteurs vers une piste, on utilise les méthodes reconstructives qui incluent du plus élémentaire ou plus complexe : la description d'un habit ou d'un objet personnel, l'anthropologie médico-légale qui va estimer l'âge, le sexe, la stature, le groupe biologique et en dernier recours la reconstitution faciale.

Deux techniques de reconstitution faciale vont intéresser les médecins légistes. Selon l'état de décomposition du visage, ils vont utiliser soit les méthodes de restauration faciale, soit celles de reconstruction faciale.

La restauration faciale

En présence d'un visage décomposé mais avec une quantité suffisante de tissus mous, on réalisera une restauration faciale.

Deux méthodes s'offrent aux médecins-légistes :

- La restauration chirurgicale : pratiquée lors de mutilations traumatiques, elle fait appel à des techniques de chirurgie maxillo-faciale et plastique.
- La restauration thanatopraxique : en présence de parties abimées et/ou décomposées, l'injection de certains produits va soutenir les tissus et leur donner de la tonicité.

La restitution du résultat (par prise de photographie, dessin ou empreinte) est tout aussi importante que la méthode de restauration. La photographie semble idéale lorsque le visage est humainement visible et le moulage dans le cas contraire, le défaut du dessin réside dans la subjectivité de l'artiste.

En général, ce procédé donne d'assez bons résultats et amène rapidement à une piste. La forme du visage étant conservée malgré les dommages, la reconstitution est plus fidèle et permettra une reconnaissance plus facile et rapide à la famille.

La reconstruction faciale

Lorsque le visage est dans un état de décomposition extrême, que les tissus mous sont insuffisants ou inexploitable ou que la tête est entièrement osseuse, la méthode employée est la reconstruction faciale.

A partir du crâne nu qui va servir de matrice, on va tenter de reconstituer dans la plus grande objectivité les tissus mous et les cheveux redonnant un visage à l'individu. Le résultat ne sera pas parfait, mais le but n'est pas là. L'objectif est d'arriver, à partir du visage approximatif créé, à provoquer chez les proches, un stimulus, un pas vers l'identification.

L'utilisation d'une méthodologie anthropologique de reconstitution faciale va permettre de reproduire les traits généraux du visage. Mais des zones d'ombre subsistent comme des caractères physiologiques (corpulence), chromatiques (couleur des yeux et des cheveux) et sociaux (coiffure, lunettes etc). Malheureusement ce sont souvent ces attributs qui vont aider à l'identification par les proches.

C. Anthropologie médicale (41) (42) (43)

En médecine, le moulage et le modelage du vivant prend toute son importance dès le 16^{ème} siècle dans les descriptions anatomiques et à partir du 17^{ème} siècle dans le domaine dermatologique.

André Vésale (1514-1564) auteur d'ouvrages d'anatomie humaine, Robert Willan (1757-1812) précurseur dans la description et classification des affections dermatologiques et Jean-Louis Alibert (1768-1837) dermatologue de l'hôpital Saint Louis à Paris, font partie des premiers à insérer des iconographies dans leurs œuvres. Prônant l'utilisation de l'image comme outil pédagogique, ils publient plusieurs ouvrages d'anatomie ou de dermatologie aux iconographies remarquables. L'acquisition de ces manuels par les étudiants en médecine est difficile et onéreuse. Ces méthodes d'enseignement vont se perfectionner et s'universaliser grâce à une technique de représentations tridimensionnelles en cire : la céroplastie.

Gaetano Zumbo (1606-1701), artiste italien modelleur sur cire est le précurseur de la céroplastie. Son association avec le chirurgien français Guillaume Desnoues est à l'origine d'une série de cires anatomiques, notamment de têtes (44). Le médecin dissèque les

cadavres, le sculpteur réalise des moulages en plâtre aux différents stades de l'autopsie. Il va ensuite faire fondre de la cire d'abeille préalablement teintée et la couler dans les moules. Une fois la cire refroidie, il obtient un modèle positif en cire du cadavre disséqué qu'il va retravailler. La diversité des pigments mélangés à la cire offre un large panel de coloris et permet de se rapprocher le plus de la teinte d'origine de l'organe. Les pièces sont ensuite assemblées avec ou sans armature puis une couche de vernis est appliqué pour protéger et donner le rendu luisant de la chair.

Ces représentations qui à l'origine, avaient une valeur ornementale, furent l'objet d'attraction sur les champs de foire, puis ont pris toute leur importance dans l'enseignement de l'anatomie.

Plusieurs duos d'artiste et chirurgiens s'officialisèrent par la suite, notamment en France et en Italie où la céroplastie se développa dans le domaine médical et s'exposa dans les universités de Médecine.

Deux études sur la véracité de deux pièces anatomiques, l'une d'auteur inconnu (pièce n°23) et l'autre réalisé par Tramond (pièce n°262) des collections du musée Delmas, Orfila et Rouvière ont attesté de la justesse anatomique et du rendu très réaliste des œuvres.
(45) (46)

Cette conclusion ne s'applique pas à tout le catalogue des céroplasties mais montre la véracité anatomique de certaines œuvres. Réels supports scientifiques, on ne peut cependant enlever à ces œuvres la dimension artistique qu'elles dégagent à travers l'expression des visages ainsi que la finesse et la délicatesse du travail représenté.



Figure 24 : Cire anatomique « les nerfs de la face » Tramond, 19^{ème} siècle (musée Delmas, Orfila et Rouvière, Paris)

L'utilisation de la cire en dermatologie fut plus tardive. Au début du 19^{ème} siècle, l'hôpital Saint Louis à Paris, fut entièrement consacré à la prise en charge des malades porteurs d'affections cutanées et à l'enseignement de la dermatologie. Animé par cette volonté pédagogique, le chef de service de l'époque Charles Lailler fit réaliser des moulages en cire dont la grande majorité est l'œuvre de l'artiste Jules Baretta. Aucun document ne nous renseigne sur les procédés utilisés, mais il est probable que les techniques employées furent les mêmes que celles utilisées pour les cires anatomiques. L'inventaire de 1876 répertoriait, pas moins de 413 moulages en cire. La fin du 19^{ème} siècle est marquée par la création d'un musée au sein de l'hôpital Saint Louis qui expose une grande partie de ces moulages en cire. (43)

La fonction pédagogique de ces céroplasties fut longtemps associée aux photographies ; jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle où la production de cires dermatologiques s'arrêta. Aujourd'hui, la photographie a partout remplacé les moulages en cire qui gardent néanmoins un intérêt historique.



Figure 25 : Cires dermatologiques (collection du Musée de l'hôpital St Louis, Paris)

III. En médecine

Dans le domaine médical, les notions de moulage et modelage intéressent principalement la sphère prothétique. Etymologiquement, le mot *prothèse* découle du grec, *pro* signifiant au « lieu de » et *tithêmi* « je place ». Par définition, la prothèse est « un dispositif de remplacement d'un organe ou d'une partie du corps en totalité ou en partie, reproduisant la forme et dans la mesure du possible, rendant les mêmes services fonctionnels ». Que ce soit au niveau orthopédique, dentaire ou maxillo-facial, les techniques de fabrication d'une prothèse passent obligatoirement par une étape d'empreinte. Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéresserons à la prothèse du visage ou prothèse maxillo-faciale et particulièrement aux épithèses faciales. Les termes *epi* du grec « sur, au-dessus » et *tithêmi* « je place » ont amené la définition suivante : une épithèse est « un dispositif de remplacement d'un organe situé à une extrémité du corps ».

La prothèse maxillo-faciale est une discipline médicale à part entière assurant la reconstitution artificielle d'un organe ou d'une partie du visage lors de pertes de substance acquises ou de malformations congénitales.

Au carrefour entre les sphères médico-chirurgicales et odontologiques, elle s'intègre pleinement dans la prise en charge pluridisciplinaire du patient.

Spécialité non chirurgicale, elle prend en charge la reconstitution du massif facial altéré et tente de reproduire le plus fidèlement possible l'organe ou la partie du visage absente dans un matériau plastique souple et léger, la silicone.

La réhabilitation prothétique détient trois fonctions :

- Esthétique : rendre la prothèse invisible sur le visage,
- Fonctionnelle : rétablir la fonction de l'organe manquant,
- Psychologique : intégrer la perte de substance puis la prothèse.

L'objectif final est une réhabilitation psychologique et sociale autrement dit la réussite de la prise en charge prothétique se traduit par l'acceptation de soi et la réconciliation de l'individu avec son visage.

Elle constitue à la fois un art et une science. La composante médicale de la discipline s'appuie sur de solides bases scientifiques auxquelles vient s'ajouter une démarche artistique singulière lors des exercices de moulage, sculpture, coloration et maquillage de la prothèse. (47) (48)

A. Les prémices de la prothèse maxillo-faciale (49) (50) (51)

La volonté de traiter ou de dissimuler certaines blessures ou difformités faciales par des postiches semblent remonter à l'Antiquité. Selon certains auteurs, les premières prothèses faciales auraient été fabriquées dans l'Egypte antique. Cette hypothèse est liée à la découverte de masques vieux d'environ 2500 ans dans des tombeaux de l'ancienne Egypte. Toutefois, le poids et l'inconfort des artifices ne paraissent pas en accord avec un port du vivant du sujet. Il semblerait qu'ils aient donc une valeur symbolique et qu'ils soient utilisés dans le cadre de rites funéraires

L'Antiquité recense son contingent de blessés de la face, notamment en Inde et en Egypte où en guise de punition, on pratiquait des amputations de nez, oreille ou main. En Inde par exemple, l'adultère était puni par l'amputation du nez. On peut penser que certaines de ces mutilations furent à l'origine des premières reconstitutions prothétiques.

Une des premières références de restauration prothétique oculo-faciale est rapporté par Popp, chercheur allemand, dans un article publié en 1939 où il rapporte la découverte de prothèses fabriquées en Chine vers le II^{ème} siècle après J.-C. Celles-ci fabriquées en métal de composition inconnue, étaient recouvertes d'un enduit imitant les tonalités de la peau.

Quelques siècles plus tard, aux alentours de 600 après J.-C., l'empereur byzantin Justinien II est amputé du nez par des soldats rebelles, blessure interdisant l'accès au pouvoir. Exilé en Crimée, il se serait fait implanter une prothèse nasale en or sous un lambeau frontal. Ce qui expliquerait que ses statues témoignent d'irrégularités entre le front et le nez.

C'est véritablement au XVI^{ème} siècle et notamment grâce à Ambroise Paré (1510-1590), qu'on a l'assurance de l'authenticité des premières prothèses faciales. Ambroise Paré, décrit dans les manuels d'Histoire de la Médecine comme « le père de la chirurgie moderne », contribua véritablement à la naissance de la prothèse maxillo-faciale. Il débute en tant qu'apprenti chez un barbier-chirurgien de robe courte (se distingue de ceux de robe longue qui ont dû passer un examen devant leurs pairs) où il apprend aussi bien la

taille des barbes que la réalisation d'interventions chirurgicales minimales. Ses trois années d'études à l'Hôtel-Dieu à Paris vont perfectionner ses connaissances en anatomie et vont le confronter à toutes sortes de maladies notamment la peste qui frappe à cette période. Il part ensuite sur les champs de bataille où il acquiert son expérience de chirurgien militaire. Confronté à l'impuissance de la chirurgie face à de nombreuses amputations et dans le but d'« imiter la nature et suppléer au membre perdu », il s'aventure dans la conception de prothèses de remplacement. Il décrit dans ses ouvrages de nombreuses prothèses de membres et également des prothèses faciales. Parmi elles, on peut citer : les prothèses nasales en or, argent, papier mâché ou toiles collées maintenues par des lacets qui se nouaient derrière la tête du patient ; les prothèses oculaires en or ou argent poli, recouvertes d'émail et ensuite peintes pour reproduire les différentes parties du globe oculaire ; les prothèses auriculaires en cuir maintenues en place par un cordon attaché à l'arrière de la tête du patient et camouflé par la chevelure.

Il s'intéresse aussi aux prothèses endobuccales et va jusqu'à imaginer les premiers appareils obturateurs de palais. Bien qu'Ambroise Paré ait détaillé les dispositifs de restauration prothétique dans ses écrits, on s'accorde à dire aujourd'hui qu'il ne réalisait pas lui-même ses prothèses qui étaient le résultat du travail d'habiles artisans.

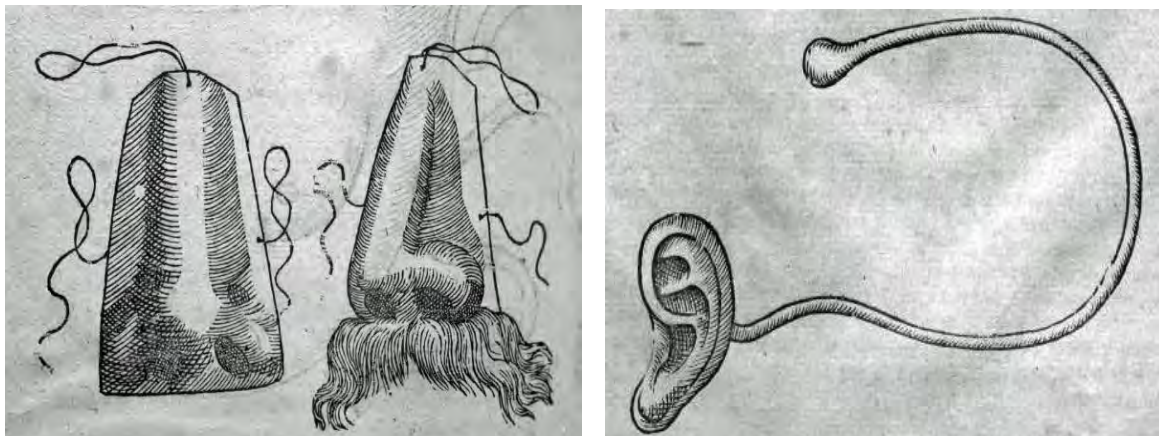


Figure 26 : Représentations de prothèses nasales et auriculaire réalisées par Ambroise Paré

Le XVIII^{ème} siècle va voir se développer la prothèse maxillo-faciale avec l'élaboration de nouvelles techniques. Pierre Fauchard (1677-1761) chirurgien de la marine royale, spécialisé dans les affections bucco-dentaires, est un des premiers dentistes à avoir mis en avant la prothèse bien qu'à cette époque, elle soit réalisée dans un but plus esthétique que fonctionnel. Sans prise d'empreinte, il va quand même réaliser des appareillages pour édentés totaux ainsi que divers dispositifs prothétiques exo et endobuccaux. Les prothèses faciales sont en argent ou papier mâché. Il développe des obturateurs palatins en or ou argent composés d'une plaque palatine et de deux ailettes mobiles, repliables et recouvertes d'une éponge pour ne pas blesser le patient. Les ailettes, une fois abaissées, permettent d'assurer sustentation et étanchéité. Dans une optique esthétique, ces prothèses sont dans un second temps, munis de dents en ivoire.

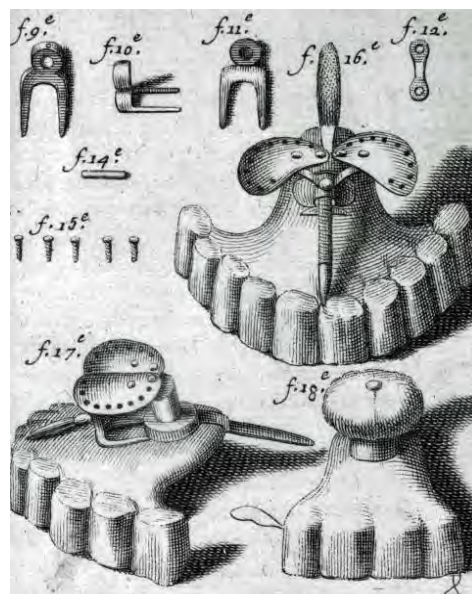


Figure 27 : représentation d'appareil obturateur de fente palatine réalisé par P. Fauchard

Pendant longtemps, la réalisation de prothèses dentaires et maxillo-faciales se déroulait sans prise d'empreinte mais en prenant des mesures au compas, en utilisant des patrons en papier et en effectuant des essayages fréquents. L'allemand, Purmann en 1684 songea à appliquer de la cire d'abeille ramollie entre deux dents à l'emplacement de la future prothèse, le bloc de cire est ensuite sculpté pour servir de modèle. Un dentiste prussien, Ph. Pfaff détaille sa méthode en 1820 qui consiste à appliquer, avec les doigts, de la cire molle sur l'ensemble d'une arcade puis retirer le tout sans déformation. Il coule ensuite du plâtre pour obtenir un modèle primaire.

C'est au début du XIX^{ème} siècle, que C.F. Delabarre et Maury créent les premiers porte-empreintes, sortes de cuvettes en bois, en étain ou en plomb. Delabarre différencie le moule « simple » qui réalise l'impression sur une seule face et le « double » ou « moule de rapport » qui intéresse les deux faces, le patient mordait dans la cire et on obtenait une sorte de cire d'occlusion. Les empreintes sont, ensuite, coulées en plâtre. Au milieu du XIX^{ème} siècle, apparaissent les premières techniques d'empreinte au plâtre. (52) (53)

Ces innovations concernant la prothèse dentaire vont, ensuite, être appliquées à la prothèse faciale. Comme l'écrit De Mourgues « la prothèse faciale n'a commencé à avoir une réelle valeur que lorsqu'on lui appliqua les méthodes de la prothèse dentaire ».

Le XIX^{ème} siècle, marqué par la révolution industrielle ainsi que l'intérêt des chirurgiens-dentistes pour cette spécialité va faire apparaître de nouveaux matériaux sur le marché ainsi que des nouvelles techniques de réalisation prothétique. L'or et l'argent, faciles à travailler mais lourds et inconfortables, font place à des matériaux plus légers. En 1851, Goodyear en combinant le soufre et le caoutchouc, obtient la vulcanite. Ce produit modelable, facile à colorer sous sa forme dure ou souple permet la confection d'épithèses faciales mais également de prothèses dentaires amovibles. Il est utilisé en prothèse faciale dès 1864 par Kinsley aux USA et en 1866 par le français A. Preterre. Le celluloïd associant le nitrate de cellulose et le camphre est aussi largement utilisé mais vite abandonné à cause de son caractère inflammable.

Une des exigences de la prothèse faciale est de reproduire l'aspect naturel de la peau. Dans un premier temps, des peintures à l'huile étaient utilisées, mais les applications devaient se répéter souvent et le résultat n'était pas toujours satisfaisant. Claude Martin, eut donc l'idée en 1878, de se servir de la céramique, sa translucidité imitant assez bien l'éclat et la teinte de la peau. La céramique était appliquée par couches successives et cuite au four sur une épaisseur d'environ 2mm. L'aspect de la peau était obtenu en « colorant la première couche au pourpre de Cassius, à la mousse de platine, au précipité d'or, et le brillant enlevé en exposant la pièce aux vapeurs de l'acide fluorhydrique ».

Les nombreux acteurs de l'évolution de la prothèse faciale imaginèrent de multiples moyens de rétention de ces appareils tels que les colles, les ressorts contournant le crâne, les lacets et courroies. Les montures de lunette représentent une innovation majeure car elles apportent stabilisation et rétention à la prothèse mais elles permettent aussi de masquer ses contours. D'autres systèmes plus sophistiqués firent également leur apparition comme des dispositifs de raccordement entre une prothèse endobuccale et une prothèse nasale.

Claude Martin (1843-1911), grand chirurgien-dentiste du XIX^{ème} siècle, va marquer l'évolution de la prothèse maxillo-faciale par l'ensemble de son travail, ses découvertes et la richesse de ses écrits. Il apporte à la chirurgie maxillo-faciale la technologie de la prothèse et donne à la prothèse maxillo-faciale toute sa dimension médicale. Il innove notamment dans le domaine de la prothèse opératoire. A la suite de résection maxillaire ou mandibulaire, il crée des appareils fixes soudés à l'os permettant de guider la cicatrisation osseuse.

Ceux-ci sont ensuite déposés pour être remplacés par des appareils amovibles pourvus de dents. Il imagine également toutes sortes de prothèses maxillo-faciales (larynx artificiels, prothèses de langue, oculaires, nasales etc) qu'il détaille dans ses écrits.

Au début du XX^{ème} siècle, l'agar-agar est décrit et utilisé en prothèse comme matériau d'empreinte (de la catégorie des hydrocolloïdes réversibles), se fut ainsi un des premiers matériaux élastiques utilisés avec succès en dentisterie. (53)

A cette même période, dans le domaine de la prothèse faciale, Henning (Vienne) présente une technique originale pour la restauration du nez, des oreilles et des joues, qui se rapproche de la méthode artisanale actuelle. Prenons pour exemple une restauration nasale : à partir d'un modèle positif en plâtre du défaut facial, un nez en cire est reconstitué. Puis par la technique de la cire perdue, la cire est remplacée par une pâte à base de gélatine et glycérine préalablement colorée. Après durcissement, le nez artificiel est maintenu sur le visage par une colle composée de mastic en solution dans l'éther.

La 1^{ère} Guerre Mondiale, par son flux incessant de blessés de la face appelés couramment « gueules cassées », signe de nouveaux progrès en chirurgie et en prothèse maxillo-faciale.

Les chirurgiens de la face, les stomatologues, les dentistes-prothésistes, considérés par les gueules cassées comme « des sculpteurs du vivant » ou « des artistes de l'impossible » ont œuvré ensemble tout au long de la Grande Guerre et durant les années qui ont suivi pour tenter de redonner figure humaine à ces Hommes. Les progrès de la chirurgie et la mise au point de l'anesthésie ont permis de garder en vie un grand nombre de blessés de la face.



Figure 28: Gueule cassée avant/après reconstruction chirurgicale puis avec port d'une prothèse oculaire définitive

Cette guerre a ainsi fourni de nombreux cas de perte de substance faciale sur lesquels ont pu être expérimentés les protocoles et techniques développés au cours du XIX^{ème} siècle. On se rend compte que les prothèses à base de gélatine et glycérine sont relativement confortables et esthétiques mais vieillissent très mal et doivent être renouvelées environ tous les 5 jours. Les malades apprennent donc vite à refaire eux-mêmes leur prothèse.

Au cours des années 1939-1940, grâce aux progrès de la chimie des matières plastique, de nouveaux matériaux font leur apparition. Le latex présente de nombreux avantages : souplesse, légèreté, coloration facile mais est abandonné car il est trop fragile. La résine acrylique, fréquemment utilisée en prothèse dentaire, et adoptée en prothèse maxillo-faciale dans la confection de montures de lunette, de pièce de comblement et de prothèse obturatrice. Sa rigidité constitue un inconvénient majeur pour la prothèse faciale qui est toujours à la recherche d'un matériau imitant la souplesse de la peau.

Après la Seconde Guerre Mondiale et à la suite d'une pénurie d'agar-agar, l'alginate déjà utilisé dans l'industrie depuis quelques décennies, fait son apparition dans le domaine dentaire comme matériau à empreinte. (53)

Les élastomères sont utilisés en odontologie qu'à partir des années 1950 et ce n'est qu'en 1960, que les silicones sont appliquées au domaine de la prothèse maxillo-faciale.

B. Bases thérapeutiques de la prothèses maxillo-faciales

(47) (48) (51)

Les épithèses faciales sont réalisées dans le cas de perte de substance intéressant le visage. Les causes de ces pertes de substances sont principalement de trois types : les agénésies, les chirurgies d'exérèse carcinologique et les traumatismes. Une quatrième catégorie mais quasiment absente dans les pays occidentaux est la pathologie infectieuse (ex : le noma). L'étiologie cancéreuse est la plus fréquente parmi les motifs de consultation en prothèse maxillo-faciale.

Lors de ce type de pathologies, les tissus endommagés sont retirés et dans le meilleur des cas, reconstruits chirurgicalement. Le recours à la chirurgie reconstructrice dépend de facteurs généraux (état général, contre-indications à la chirurgie et/ou l'anesthésie) et locaux (étendue de la perte de substance, forme de l'organe à reconstituer, site irradié). Elle est particulièrement indiquée pour des petites et moyennes pertes de substance sur site peu ou pas irradié. Le défaut est définitivement masqué tout en assurant une très bonne étanchéité. La chirurgie réparatrice éprouve encore des difficultés dans la reconstruction volumique, l'objectif esthétique étant difficile à obtenir. Dans les cas de reconstruction chirurgicale impossible (ex : sur secteur irradié) ou incertaine (ex : perte de substance volumineuse et complexe), la thérapeutique s'oriente vers la prothèse maxillo-faciale qui représente une alternative à l'acte chirurgical.

Toutefois, la chirurgie maxillo-faciale et la prothèse maxillo-faciale ne peuvent s'envisager l'une sans l'autre, elles doivent se concevoir dans une approche de symbiose. La chirurgie va créer un environnement tissulaire adapté au geste prothétique tandis que la prothèse est parfois indiquée dans l'attente d'une intervention chirurgicale. Dans le 1^{er} cas, la communication avec le chirurgien avant l'intervention est primordiale pour une prise en charge optimale tant sur le plan esthétique qu'au sujet de la rétention et la stabilisation de la future prothèse. Le praticien peut demander au chirurgien de dégraisser un lambeau pour éviter tout aspect de surcontour ou bien d'étendre légèrement l'exérèse pour prévenir les zones d'appuis trop souples inexploitablement prothétiquement ou enfin de mettre en place des systèmes de rétention comme les implants cranio-faciaux.

La réhabilitation prothétique offre certains avantages :

- Une reproduction fidèle des organes absents par la technique des moulages,
- Une réalisation en ambulatoire,
- Un résultat esthétique presque immédiat,
- L'amovibilité qui permet une surveillance des tissus sous-jacents,
- Une solution à quasiment toutes les situations cliniques.

Elle présente aussi de nombreuses contraintes tant sur le plan esthétique et fonctionnel que psychologique. Les désagréments peuvent être :

- fonctionnels dus à l'inertie de la prothèse et la difficulté d'obtenir une parfaite étanchéité,
- physiologiques avec la condensation et les écoulements de fluides et sécrétions,
- esthétiques due à la jonction prothèse/peau visible, au vieillissement, à la coloration, à son atonie, etc,
- de maintenance : une hygiène difficile du fait de la porosité des silicones médicales ainsi que de l'éventuel handicap du patient (vieillesse, asthénie, non compréhension des conseils d'hygiènes, etc) aggravée souvent par l'éloignement du centre de soins,
- psychologiques : l'amovibilité de la prothèse rappelle tous les jours au patient la perte d'une partie de son visage, l'acceptation de ce nouveau moi est une étape longue et difficile.

Deuxième partie

SEQUENÇAGE DU GESTE

Le travail de conception d'une épithèse faciale comporte de nombreuses étapes cliniques et de laboratoires faisant intervenir deux acteurs majeurs : le chirurgien-dentiste et l'épithésiste. Le fruit de leur étroite collaboration améliore la prise en charge des patients. Au service de PMF du CHU de Toulouse, l'épithésiste et le praticien mènent ensemble la consultation.

I. La première consultation

La première rencontre avec le patient est une étape importante du processus de soin. Il se présente au cabinet du spécialiste en PMF quelques semaines après la chirurgie d'exérèse.

Le patient s'installe sur le fauteuil. Dans un premier temps, le spécialiste va l'écouter attentivement raconter l'histoire de sa maladie. Puis il va orienter l'entretien en interrogatoire médical, posant des questions précises sur la santé du patient, ses antécédents, les traitements dont il a bénéficié, etc. Les dires du patient sont ensuite confrontés aux lettres des confrères et aux comptes rendu opératoires, de radio ou chimiothérapie. Les documents para-cliniques tels que des radiographies ou des photographies sont analysés. Ces pièces médicales sont souvent amenées par le patient lui-même.

L'étape suivante est l'examen clinique. Il se compose de deux temps : l'observation et la palpation. Le praticien va d'abord retirer le bandage qui protège les tissus lésés puis il va observer minutieusement la cavité laissée par la perte de substance. Cette phase doit se réaliser le visage au repos au préalable puis en demandant au patient de réaliser certaines mimiques faciales.

Il va pouvoir analyser :

- l'étendue de la lésion,
- les relations avec les cavités naturelles (cavité buccale, sinus, fosses nasales),
- l'aspect des berges,
- la qualité des zones rétentives qui pourront être utilisées,
- l'apparence de la peau (rides, texture, teinte, etc),
- et le visage dans sa globalité (en cas de perte de substance latérale, comparaison avec le côté sain).

La palpation va permettre d'apprécier la texture de la peau, la fermeté des tissus, l'épaisseur et la stabilité des berges.

L'ensemble de ces informations vont permettre au praticien d'évaluer l'évolution médicale des tissus et le pronostic thérapeutique c-à-d les chances de succès de la future réhabilitation prothétique. Les patients sont souvent adressés quelques semaines après la chirurgie ou en cours de radiothérapie et/ou de chimiothérapie, les tissus sont encore très inflammés. Il faudra attendre leur cicatrisation complète avant d'entreprendre la réhabilitation prothétique. Durant cette période qui s'étale souvent sur plusieurs mois, le patient est revu régulièrement afin de suivre l'évolution biologique des tissus.

La fin de la consultation est un temps de parole, de réel dialogue entre soignant et soigné. Le patient ignore beaucoup de choses de la réhabilitation prothétique, il la voit parfois comme une « solution miracle » qui lui rendra fonction et esthétique sans penser aux désagréments qu'elle engendre. Le praticien va lui expliquer sommairement le déroulement de réalisation de la prothèse, les moyens de fixations mais lui faire se rendre compte de ses inconvénients. Il faut aussi le rassurer et lui assurer de l'aide et du suivi tout au long de la période d'adaptation.

II. Les étapes prothétiques (51) (54) (48) (55)

La réalisation traditionnelle d'une épithèse faciale comporte plusieurs séquences décrites par le Pr Pomar et le Pr Soulet.

A. L'empreinte faciale

Non sans risque pour le patient, cette étape n'est pas aisée. Elle demande une performance technique mais également une faculté d'écoute et de réconfort. La perte de substance est préalablement examinée pour analyser les contre-dépouilles et les éventuelles communications avec les voies aérodigestives (notamment les sinus maxillaires, frontaux et éthmoïdaux). Le patient dont une partie ou la totalité du visage va être recouvert par le matériau à empreinte est susceptible de paniquer.

Pour le rassurer, le praticien va lui expliquer clairement le déroulement des opérations et il ne cessera de s'adresser à lui durant la prise d'empreinte. Lors d'empreinte intéressant la zone du nez, on va demander au patient de respirer par la bouche, le praticien doit alors rester vigilant sur la bonne ventilation du sujet.

La prise d'empreinte nécessite un travail à quatre mains, le plus souvent le chirurgien-dentiste et l'épithésiste. Il s'agit dans le cas du service de PMF du CHU de Toulouse Rangueil, du Professeur Philippe Pomar et de l'épithésiste Eric Toulouse.

Dans un premier temps, les zones de pilosités (sourcils, cils, cheveux) du sujet qui sont susceptibles d'être en contact avec le matériau à empreinte sont enduites de vaseline.

Puis les contre-dépouilles de la perte de substance sont comblées par des compresses vaselinées ou humidifiées. Plusieurs bols d'alginate à prise rapide sont préparés à l'avance. Une fois les dernières indications données au patient (par exemple : fermer les yeux, respirer par la bouche) et que celui-ci se sent prêt, le malaxage de l'alginate peut commencer. Après l'obtention d'une pâte fluide, l'alginate est étalé sur une partie plus ou moins étendue du visage. Des compresses sont dépliées et déposées sur l'alginate en cours de gélification afin de former un « maillage de rétention » pour le plâtre. Le plâtre à prise rapide est déposé par-dessus pour former une chape solide permettant de soutenir l'empreinte au moment du démoulage. Une fois le plâtre pris, l'empreinte est retirée délicatement du visage. Les compresses sont retirées et comptées. La peau est nettoyée et le pansement refait.

Le praticien et l'épithésiste analysent l'empreinte afin de repérer d'éventuels tirages ou bulles mal placées, si elle est correcte, l'épithésiste va immédiatement la couler. Ce rapide enchaînement va permettre d'éviter les déformations tridimensionnelles du moule en alginate.

B. Coulée des modèles et réalisation de la maquette en cire

Ces étapes de laboratoire sont réalisées par l'épithésiste.

L'empreinte est coulée en plâtre dur (plâtre de Paris) ou en plâtre enrichi en particules de résine. On obtient donc un modèle positif du visage du patient. Sur ce modèle, le prothésiste va rechercher les surfaces d'appui de la prothèse puis en tracer les limites.

Il s'aidera des observations cliniques et de photographies du visage du patient, antérieures à la prise en charge chirurgicale. Il faut toujours avoir en tête que les berges de la perte de substance ont tendance à s'invaginer et s'éloigner. Il vaut donc mieux étendre les bords de la prothèse sur une zone fixe, sans quoi les bords de la prothèse peuvent se décoller à la moindre mimique faciale. Enfin d'un point de vue esthétique, il semblerait plus judicieux de recouvrir totalement un organe, même lors de perte de substance partielle.

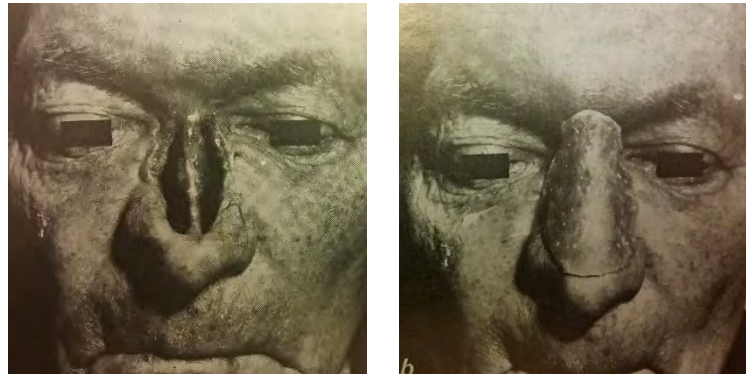


Figure 29 : perte de substance nasale partielle recouverte partiellement

Après avoir dessiné les limites sur le modèle primaire, on peut commencer la réalisation de la maquette en cire. L'épithésiste se sert d'une cire couleur « chair ». Il existe deux manières de procéder : la méthode directe et la méthode indirecte.

La méthode indirecte utilise le moule d'un donneur. Au fil des années, les épithésistes accumulent bon nombre de moules des différents édifices de la face qui vont constituer une banque de donneurs. A l'aide des photographies, on recherche le modèle qui se rapproche le plus de la morphologie initiale de l'organe absent. La cire liquide est ensuite coulée à l'intérieur afin d'obtenir une maquette que nous adapterons au futur visage. Les bords, la taille et la forme sont façonnés par soustraction et addition de matière. Cette technique fait appel aux procédés de moulage et modelage des arts plastiques.

La méthode directe ne nécessite pas l'emploi d'un moule. Par simples ajouts successifs de cire dans les limites du tracé des bords, le prothésiste forme et sculpte petit à petit l'organe facial.

C. Essayage de la maquette en cire et choix de la couleur de base (56)

Au cours d'un nouveau rendez-vous, le patient va découvrir et essayer le prototype en cire de sa future prothèse. Le praticien et l'épithésiste examinent le rendu esthétique, l'adaptation des bords et l'intégration fonctionnelle. Le patient est ensuite invité à se regarder dans le miroir en faisant abstraction de la teinte qui est très éloignée du résultat final. Selon ses remarques et ses souhaits et dans la mesure du possible, le prothésiste peut effectuer certaines retouches.

Une fois, la maquette en cire validée, il est temps de choisir la couleur de base de la future prothèse.

La silicone est un matériau de choix pour l'épithèse faciale car elle allie souplesse, esthétique et biocompatibilité. Elle respecte ainsi les tissus mous tout en affichant une forte ressemblance avec le revêtement cutané. Il existe deux grandes variétés de silicones selon si la polymérisation se réalise par addition ou par condensation. La silicone Silastic MDX4-4210® dont la réticulation se fait par condensation, est très utilisée en prothèse faciale pour sa souplesse, sa consistance lui permettant d'être moulée facilement et son rapport qualité/prix satisfaisant. Elle appartient à la famille des élastomères de silicone RTV (Room temperature vulcanizing) vulcanisables à froid et se compose de deux parties : la fraction A de consistance gélatineuse et la fraction B fluide.

Pour trouver la teinte de base de la future prothèse, il faut étudier la carnation de l'individu. Différente pour chaque patient, il est possible de la mettre en évidence grâce à la vitropression, autrement dit en appliquant une petite plaque de verre sur la peau avec une légère pression de manière à chasser l'apport vasculaire des couches superficielles cutanées. En pratique, l'œil expérimenté du prothésiste, détermine assez rapidement la couleur de base.

L'épithésiste ayant préalablement retenu la quantité suffisante de « partie A » dans un récipient, il va ensuite procéder à sa coloration. Pour cela, il a l'habitude d'utiliser des peintures artistiques à l'huile. Il incorpore d'abord, une petite quantité de couleur blanche pour opacifier la silicone initialement translucide. Puis muni de ses tubes de peinture, il ajoute petit à petit les différents pigments pour atteindre la bonne teinte.

D. Réalisation de la prothèse en silicone

Cette étape réalisée au laboratoire de PMF va consister à transformer la maquette en cire en prothèse en silicone. Dans ce but, nous réalisons un moule de la maquette en cire. Si cette dernière présente une forme simple en dépouille, le moule sera composé de deux parties. Si elle est de forme complexe présentant des contre-dépouilles, le moule sera composé d'au moins trois parties.

Sur la maquette en cire, les lignes de plus grand contour seront tracées préalablement. Elles marqueront les limites entre les différentes parties du moule. On prépare ensuite chaque partie séparément :

- La 1^{ère} partie correspond au modèle primaire du visage que l'on monte sur un socle en plâtre. Des encoches sont réalisées à distance de la perte de substance, elles permettront de repositionner la contre-partie.
- Pour réaliser la 2^{ème} partie ou contre-partie, on réalise d'abord un coffrage autour de la 1^{ère} partie que l'on enduit de séparateur avant de couler du plâtre à l'intérieur.
 - S'il s'agit d'une forme complexe, la coulée doit s'arrêter à la ligne de dépouille suivante. Après la prise complète du plâtre, on renouvelle l'opération pour confectionner la 3^{ème} partie.
 - S'il s'agit d'une forme simple en dépouille, la maquette est entièrement recouverte de plâtre. Le moule se compose alors de deux parties.

Grâce aux encoches, il sera facile de réassembler les diverses parties du moule. Il est nécessaire de vérifier la qualité de l'empreinte en plâtre ainsi que l'intime juxtaposition des pièces pour éviter les fusées de silicone.

Le prothésiste va, ensuite, éliminer la cire selon la technique de la cire perdue ou tout simplement en retirant la maquette en cire. Il ajoute une dose de catalyseur ou silicone B (1/10^{ème} de la quantité de silicone) à la silicone A préalablement teintée puis procède au malaxage sous vide du mélange pour éviter l'incorporation de bulles. La silicone est coulée dans les différentes parties du moules qui sont ensuite assemblées. Pour les maintenir emboîtées, un presseur mécanique va venir bloquer le système.

La prise de la silicone peut se faire à une température ambiante pendant plusieurs heures. Cependant pour parfaire la polymérisation, le moule est mis à l'étuve à 80°C pendant trois heures. Aux termes des trois heures, l'épithèse est démoulée et ébarbée à l'aide d'une paire de ciseaux ou d'une fraise.

E. Maquillage de surface et pose de la prothèse (56)

Cette dernière séance au cabinet va débiter par l'essayage de la prothèse sans maquillage afin de vérifier l'adaptation des bords sur la peau ainsi que sa bonne intégration esthétique et fonctionnelle au sein du visage.

La coloration de surface est ensuite appliquée. Une forme particulière d'élastomère de silicone RTV polymérisant en couches minces à température ambiante est utilisée. Cette colle à froid est mélangée aux pigments avant d'être appliquée sur la prothèse. Les pigments de peinture à l'huile, utilisés par les artistes peintres sont les mêmes que ceux utilisés pour la teinte dans la masse. Le panel de couleurs de l'épithésiste est composé de blanc de Titane, terre de Sienne, rouge vermillon, rouge cadmium, bleu de Cobalt, bleu outremer et jaune citron. Le maquillage peut être réalisé au pinceau, à l'aérographe ou simplement au doigt.

Il est important de tenir compte de :

- La teinte globale du visage,
- La présence de zones érythémateuses ou pigmentées dues à des irritations locales ou des irradiations antérieures,
- La modification de teinte du patient selon son mode de vie : exposition au soleil, températures extérieures/intérieures ...,
- La présence de signes vasculaires, de systèmes veineux superficiels, de taches de rousseur, des sourcils, cils, cheveux, etc.

Il convient ensuite de faire tenir la prothèse sur le visage du patient. La fixation de l'épithèse se fait par plusieurs moyens : ils ne relèvent pas d'un choix, mais d'indications précises selon le cas clinique et la région anatomique concernée (48). Parmi ces différents procédés, les plus couramment employés sont les adhésifs, les montures de lunettes et les implants endo-osseux.

L'adhésif est le plus communément utilisé au service de PMF du CHU de Toulouse. Il s'agit d'une colle silicone dermique (silicone type B) conditionnée en spray ou flacon. Le patient se procure le petit flacon en pharmacie (sous ordonnance). A l'aide d'un pinceau, il applique le produit sur les bords de l'épithèse qu'il vient ensuite positionner selon les indications du praticien. Ces colles peuvent être irritantes, notamment suite à une radiothérapie, il y a un risque de radiodermites. Une hygiène rigoureuse est indispensable. Le patient doit retirer sa prothèse au moins une fois par jour, il doit nettoyer la couche de colle usagée avec un dissolvant adapté en prenant soin de ne pas gommer la coloration de surface de la prothèse. Ce nettoyage est indispensable car la silicone est un matériau très poreux qui peut rapidement être envahie par les micro-organismes fongiques et bactériens. Le patient peut ensuite appliquer une nouvelle couche de colle.

Les montures de lunettes représentent un moyen simple, rapide et efficace dans la fixation des prothèses nasales. Elles sont surtout indiquées pour des épithèses provisoires. L'aide d'un opticien est sollicitée dans le choix et l'ajustement de la monture. Quand c'est possible, on essaie d'avoir une amovibilité entre la monture et la prothèse de manière à en faciliter l'entretien. La plupart des praticiens préfèrent des montures en acétate de cellulose car elles sont légères et il est possible de réaliser des montures épaisses afin de masquer les limites de la prothèse. D'autres sont plus adeptes des montures métalliques fines car elles peuvent être modifiées en fonction du profil de la prothèse.

L'implantologie endo-osseuse cranio-faciale, envisagée dans une approche de symbiose chirurgico-prothétique devient progressivement une solution thérapeutique nouvelle. Elle est dépendante de deux facteurs : l'état général du patient (âge, pathologies générales, terrain irradié) et le site receveur (stabilité des berges osseuses, quantité, qualité de l'os, site irradié ...).

Elle apporte une meilleure stabilisation et rétention de la prothèse tout en permettant une surveillance carcinologique du site grâce à l'amovibilité de la prothèse. Toutefois, la maintenance péri-implantaire est difficile et demande une hygiène rigoureuse. Le contexte radiothérapique n'est pas favorable à la pose d'implants car il occasionne un risque d'ostéoradionécrose. Celui-ci doit être apprécié en fonction de la dose de radiations reçues et de l'ancienneté de la radiothérapie.

Pour des patients ayant reçus une dose supérieure à 50 Gy, le risque devient élevé et le recours à l'implantologie ne peut s'envisager que dans le cadre d'une oxygénothérapie. Il semble que sous couvert d'un protocole précis d'oxygénothérapie hyperbare encadrant la pose d'implants, l'ostéointégration se rapproche de celle en terrain non irradié. (57) (58)

III. La maintenance (59)

La maintenance est réalisée tous les jours par le patient. Elle comprend l'entretien de l'épithèse et le nettoyage du revêtement cutané et muqueux de la perte de substance.

Une maintenance est également mise en place à l'hôpital avec des rendez-vous réguliers au service de PMF. Tous les 2 ou 3 mois, le patient rencontre le praticien à son cabinet pour analyser l'état de la prothèse, la présence de déchirures, la disparition ou l'altération du maquillage de surface sur certaines zones, etc. L'épithésiste est parfois amené à retirer toute la couche superficielle pour réaliser une nouvelle coloration. Il est quelquefois nécessaire de rappeler les règles d'hygiène concernant l'épithèse.

Le suivi est également d'ordre biologique. Le praticien examine à chaque rendez-vous la lésion et son environnement cutanéomuqueux afin de révéler d'éventuelles récives carcinologiques, la présence d'irritations, de radiodermes, de contractures musculaires, etc.

Ces rencontres régulières entre le praticien et le patient permettent un accompagnement psychologique du patient. L'individu défiguré adopte un nouveau visage, un nouveau soi qu'il n'est pas facile de s'approprier. Il ne doit pas se sentir abandonné du système de santé mais encadré et soutenu. Ainsi, il est à même de pouvoir exprimer ses inquiétudes, ses angoisses mais également ses satisfactions.

Par ailleurs, au bout de plusieurs mois, peuvent apparaître des dyscolorations. En cause : la porosité de la silicone responsable de colonisation bactérienne et fongique (concerne particulièrement les prothèses nasales en contact avec les fluides biologiques), les conditions environnementales (pollution, humidité, UV) et les manipulations quotidiennes associées à un nettoyage pas toujours adapté. Lors de légères dyscolorations, il est possible de démaquiller la prothèse afin de réaliser un nouveau maquillage de surface. (60)

La peau et les muqueuses sont des tissus vivants qui se modifient lentement au gré du temps. Or la prothèse ne suit pas ces mouvements et il est fréquent qu'apparaissent, au bout de plusieurs mois, un hiatus au niveau du joint prothétique.

Pour toutes ces raisons, la durée de vie d'une épithèse faciale est limitée dans le temps et implique un renouvellement régulier. Au service de PMF du CHU de Toulouse, il semblerait que les épithèses soient remplacées environ tous les 18 mois.

IV. Illustrations avec trois cas cliniques

A. Réalisation d'une épithèse nasale

Suite à un cancer épithélioma spino-cellulaire, Mr P.G., 52 ans, subit, en Juillet 2012, une amputation de la pyramide nasale à la suite de trois interventions. La pointe du nez est préservée.

Début Octobre 2012, il se rend au service de PMF pour sa première consultation. Le praticien réalise l'interrogatoire médical ainsi que l'examen de la lésion. La cicatrisation n'est pas complète et le patient commence dans quelques jours des séances de radiothérapies qui vont endommager les tissus. La prise en charge prothétique est donc retardée de plusieurs mois.

Les séances de radiothérapie débutent fin Octobre. Durant deux mois, il réalise 30 séances ce qui correspond à 60 Gy. Bien que la réhabilitation prothétique ne soit envisagée que dans plusieurs mois, des rendez-vous sont programmés régulièrement (environ tous les mois), ce qui permet d'assurer un suivi de la cicatrisation tissulaire et de prévenir d'éventuelles récurrences ou complications.

Une fois que les signes de l'inflammation ont disparu et que les tissus semblent sains et stables, les étapes de moulage peuvent débuter.

Ci-contre, une photographie prise avant l’empreinte faciale. L’amputation concerne la racine du nez, la pointe a été conservée. Les tissus semblent cicatrisés, on ne note pas de signe d’inflammation. Au niveau muqueux, on aperçoit le cornet moyen ainsi que la base du septum nasal. Les pourtours cutanés ont un aspect sain mais semblent s’être invaginés lors de la cicatrisation, phénomène commun lors d’une amputation.



Figure 30 : Sans épithèse

Au cabinet, préparation du patient : enduction de vaseline sur les sourcils, mise en place d’une compresse dans la cavité nasale et injection de silicone light dans la pointe du nez pour éviter que l’alginate ne fuse.



Figure 31 : Préparation du patient

Puis prise de l’empreinte à l’alginate, mise en place d’un maillage en déroulant une compresse puis dépose du plâtre par-dessus. On demande au patient de respirer par la bouche.

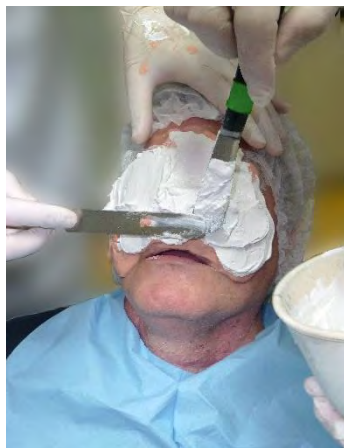
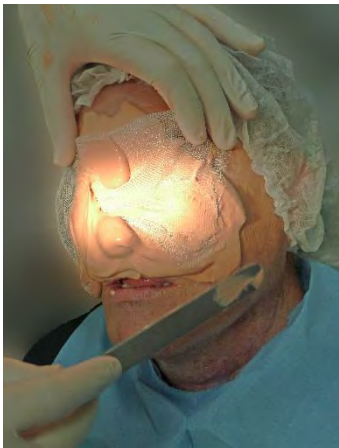


Figure 32 : Prise de l'empreinte faciale

Vérification de l’empreinte : les zones d’appuis semblent bien enregistrées, absence de bulle et léger tirage située sur le bord gauche. Les zones concernant l’appui de la future épithèse étant plus périphériques, ce défaut de l’empreinte est sans importance.



Figure 33 : Intrados de l'empreinte

Au laboratoire de PMF, confection de la maquette en cire :

- ❶ coulée de l’empreinte en plâtre et démoulage du modèle primaire du visage



Figure 34 : coulée de l'empreinte et modèle primaire

- ❷ d’après la photo du patient avant l’opération, l’épithésiste choisit un modèle dans sa banque de moules nasaux. Il coule la cire à l’intérieur puis va adapter ce gabarit en cire sur le moulage du visage pour obtenir la maquette en cire qu’il va présenter au patient.

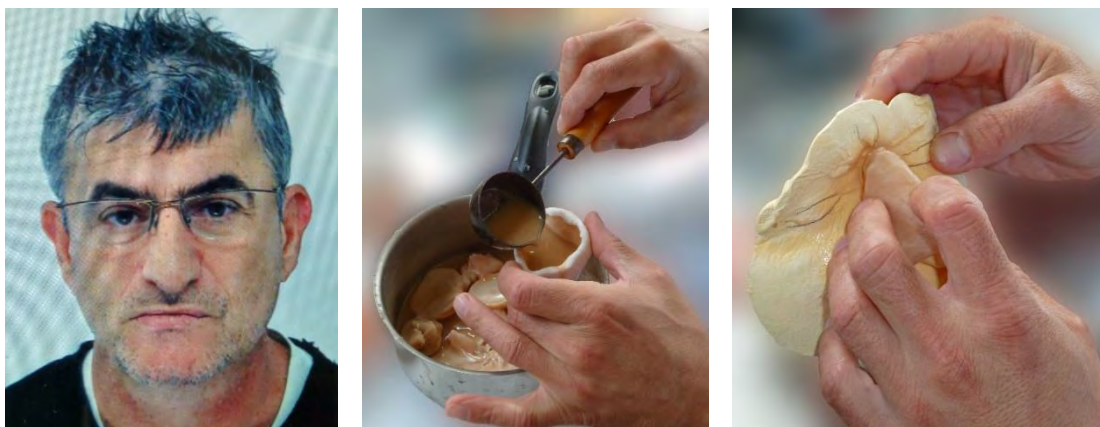


Figure 35 : réalisation de la maquette en cire



Figure 36 : Maquette en cire

Au cabinet, essayage de la maquette en cire et coloration dans la masse de la silicone.



Figure 37 : Essayage de la maquette

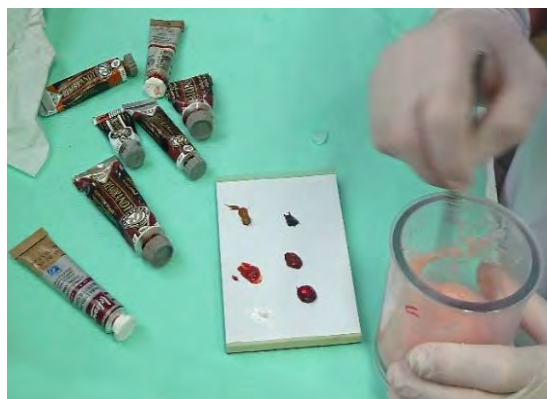


Figure 38 : Teinte dans la masse

Au laboratoire, réalisation de l'épithèse en silicone :

- ❶ Confection de la contre-partie du moule : à la fraise marquage de rainures sur le modèle primaire, coffrage avant coulée du plâtre, les deux parties du moule après prise du plâtre. Le plâtre blanc sur la photographie représente la cavité nasale.

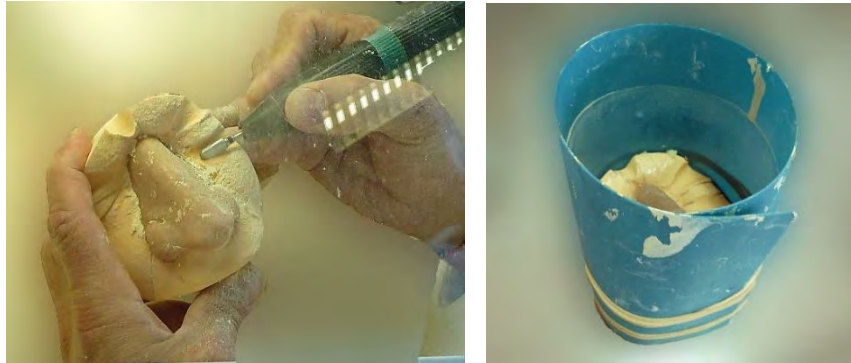


Figure 39 : Confection contre-partie



Figure 40 : Partie et contre-partie du moule

- ❷ Mise en moule de la silicone : coulée de la silicone dans les deux parties, réunion des deux pièces du moule, pression manuelle pour chasser la silicone excédentaire, pression mécanique avec un presseur, mise en étuve trois heures à 80°C

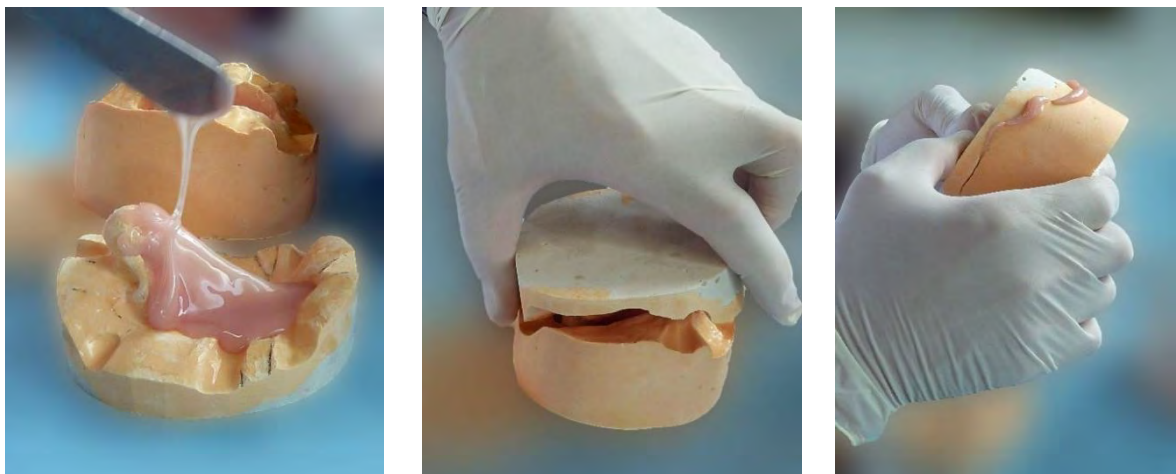


Figure 41 : Mise en moule du silicone

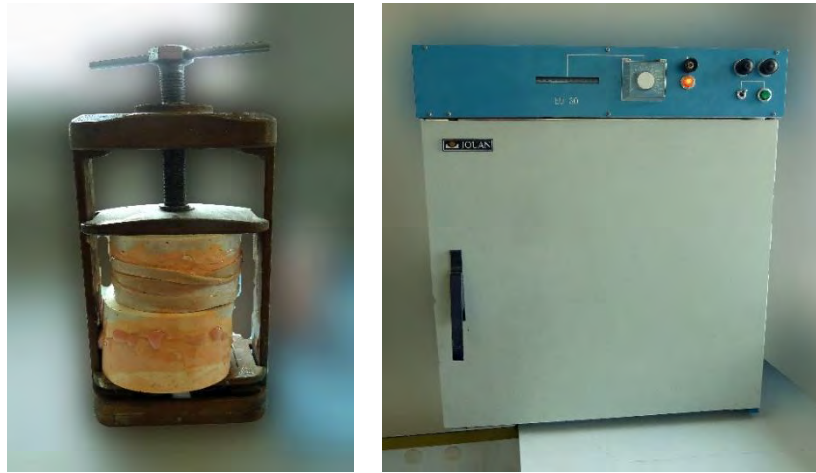


Figure 42 : Pressoir et mis en étuve

Au cabinet, maquillage de l'épithèse nasale, fixation avec l'adhésif et résultat avec les lunettes.

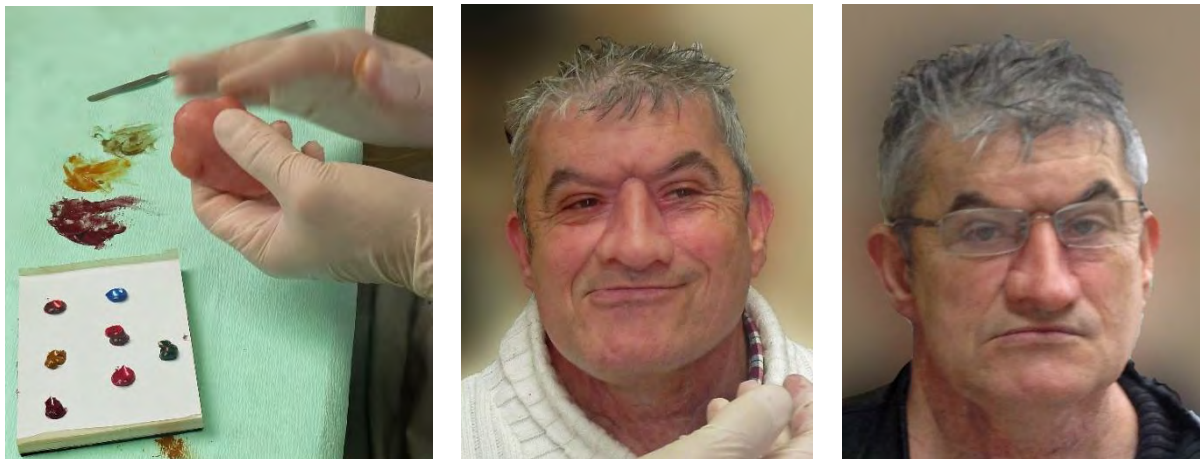


Figure 43 : Maquillage de l'épithèse

B. Réalisation d'une prothèse auriculaire

Suite à un accident de la voie publique en 1964, Mr G.F., 77 ans, a été amputé du pavillon de l'oreille droite. L'appareil auditif, en particulier, le conduit auditif externe n'a pas été endommagé. On note la présence des moignons antérieur et inférieur du pavillon de l'oreille.

Il ne s'agit pas de sa première prothèse auriculaire, de nombreuses ont déjà été réalisées dont une petite dizaine dans le service de prothèse maxillo-faciale du CHU de Toulouse où le patient est suivi depuis plusieurs années. Sa prothèse actuelle a deux ans, la coloration a jaunit et l'adaptation de la prothèse sur la peau n'est plus optimale (présence d'un hiatus).

Les problèmes de cicatrisation tissulaire ne se posent plus, le praticien examine tout de même l'intégrité du site à chaque rendez-vous. Celui-ci présente une peau saine et un aspect inchangé. La séance de moulage en vue de la future réhabilitation prothétique se déroule le 22 Octobre 2013.



Figure 44 : Sans épithèse

Préparation du patient et prise de l'empreinte au cabinet : enduction de vaseline sur les cheveux proches de la perte de substance, pas de compresse au niveau du conduit auditif externe car celui est bien protégé par le reliquat du pavillon de l'oreille. Puis prise d'empreinte classique à l'alginate, pose de la maille d'une compresse et du plâtre. La prise de teinte globale et la coloration dans la masse de la silicone seront effectuées durant cette même séance. Le prothésiste va ensuite couler l'empreinte.



Figure 45 : Prise de l'empreinte

Confection de la maquette en cire au laboratoire. L'épithésiste va utiliser la prothèse existante comme modèle, il réalise un moule en alginate dans lequel il vient verser la cire. Une fois refroidie, il démoule la maquette en cire qu'il va adapter au modèle primaire.

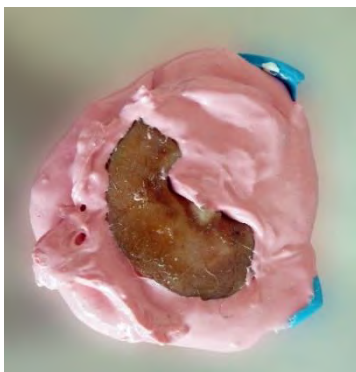


Figure 46 : Réalisation de la maquette

L'étape d'essayage de la maquette est abandonnée. Le prototype en cire étant calqué sur la précédente prothèse, esthétiquement satisfaisante pour le patient, cette séance n'est pas nécessaire. En ce qui concerne l'adaptation des bords, elle est corrigée par le prothésiste qui ajuste le pourtour de la maquette au modèle en plâtre.

Au laboratoire : réalisation de la prothèse en silicone. La forme de l'oreille est complexe, elle présente plusieurs zones de contre-dépouilles. Il convient donc de confectionner un moule en 3 parties. Le prothésiste réalise un coffrage autour du modèle primaire, puis va couler une première couche de plâtre en s'arrêtant au niveau de la ligne de plus grand contour. Après la prise du plâtre, il coule la 3^{ème} couche (ci-dessous les 3 composantes du moule). Il enduit l'intérieur des 3 parties du moule, de silicone mélangée au catalyseur sous vide, puis réassemble le moule. Il le place dans un presseur avant de mettre le tout à l'étuve, trois heures à 80°C.



Figure 47 : Confection parties du moule / trois parties du moule / mise en place de la silicone



Figure 48 : Presseur et mise à l'étuve

A la sortie de l'étuve, l'épithèse en silicone est démoulée et débardée.

Au cabinet, maquillage de l'épithèse auriculaire. La coloration de surface va imiter celle de l'oreille contro-latérale et doit aussi s'adapter à la pigmentation de la peau dans la zone concernée.



Figure 49 : épithèse après maquillage

C. Réalisation d'une prothèse oculo-palpébrale

Suite à un liposarcome de la paupière droite, Mlle B.E., 25 ans, a subi une exentération orbitaire en Janvier 2013, opération chirurgicale accompagnée de séances de radiothérapie s'évaluant à 60 Gy avec arrêt mi-Avril 2013.

Elle est vue le 28 Mai 2013 lors de sa première consultation au service de PMF du CHU de Toulouse, puis mi-Juillet où le praticien constate une évolution normale des tissus. Des séances de kinésithérapie faciale sont prescrites pour atténuer les contractures musculaires périphériques.



Figure 50 : Sans épithèse

La réalisation d'une prothèse oculopalpébrale renferme quelques spécificités. Lors des séances précédant la prise d'empreinte, le patient va devoir faire le choix de la forme de sa future prothèse. Elle peut être réalisée avec les paupières fermées ou les paupières ouvertes. La première solution est plus facile à réaliser, la deuxième requiert précision et application dans le choix et la réalisation de la coque oculaire. Un oculariste se déplace au cabinet pour analyser les caractéristiques de l'iris de l'œil controlatéral.

Il est aussi envisageable d'envoyer photographies et indications à l'oculariste qui transmet au prothésiste plusieurs échantillons d'iris en résine. Après avoir fait son choix, l'épithésiste communique les informations (convexité de la face antérieure du globe, diamètre de l'iris et de la pupille, teinte de base de l'iris, défauts et taches pigmentaires et vascularisation de la sclérotique (51)) à l'oculariste qui va fabriquer sur mesure la coque personnalisée. Réalisée en résine acrylique auto et thermopolymérisable teintée dans la masse, la coque oculaire est ensuite peinte au niveau de l'iris. Renvoyée à l'épithésiste, elle sera validée puis incluse dans la maquette en cire. (48)

La réhabilitation prothétique commence le 8 Octobre 2013.

Le praticien et le prothésiste vont d'abord comparer les différents modèles de coques oculaires envoyés par l'oculariste pour trouver celle dont la teinte se rapproche le plus de l'œil controlatéral. A l'aide d'un pied à coulisse numérique, l'épithésiste effectue les mesures qui lui permettront de placer correctement la coque oculaire.

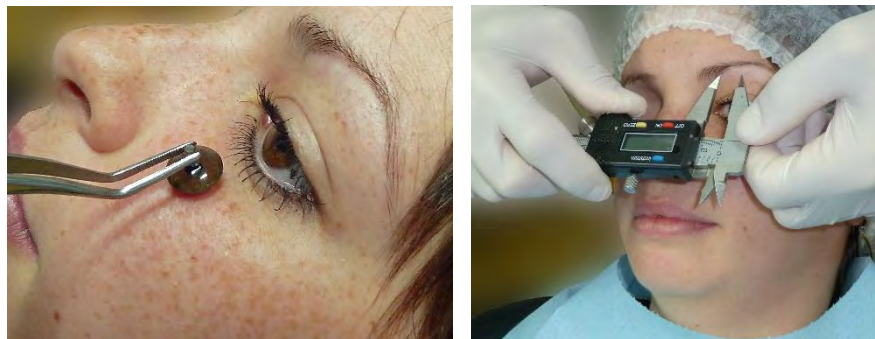


Figure 51 : Choix de la teinte de l'iris et prise de mesures

Préparation de la patiente, réalisation de l'empreinte faciale : application de l'alginate au niveau de la perte de substance et de l'œil opposé en position fermé, pose du maillage et mise en place du plâtre.

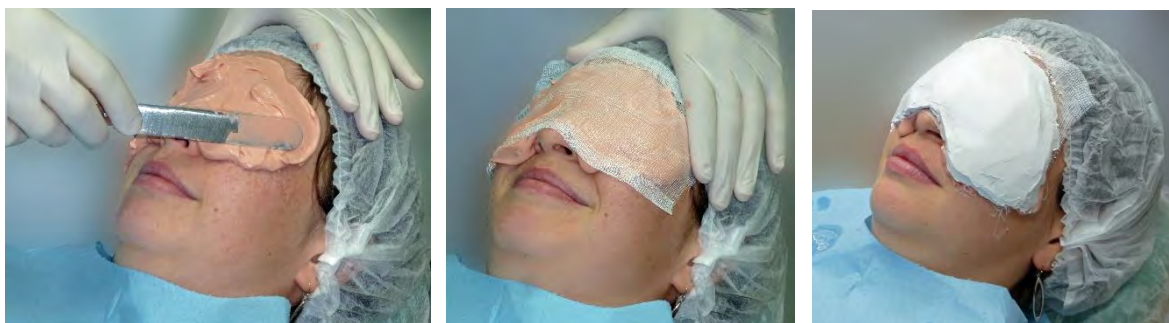


Figure 52 : Prise de l'empreinte faciale

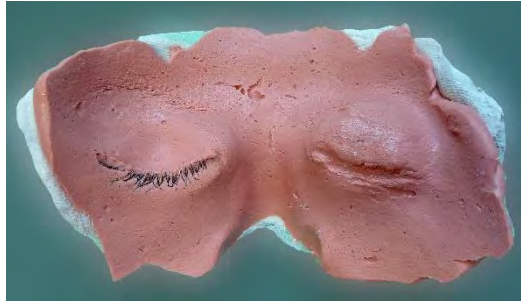


Figure 53 : Intrados de l'empreinte

Au laboratoire, coulé de l'empreinte en plâtre et réalisation de la maquette en cire sur le modèle primaire. Le prothésiste s'aide de photographies ainsi que des mesures prises le jour de l'empreinte. Cependant, la réalisation de ce type de prothèse est un exercice très délicat. L'œil et les paupières sont en perpétuel mouvement, la difficulté va être de déterminer la position de référence pour la réalisation de la prothèse. Lors des photographies, on demande au patient de se tenir debout, le visage au repos et de regarder droit devant lui. On peut ensuite lui demander de faire quelques mimiques faciales pour détecter les éventuelles interférences du visage avec la prothèse.



Figure 54 : Réalisation de la maquette en cire

L'essayage de la maquette en cire se déroule de la même façon que vu précédemment, quelques retouches peuvent être réalisées puis l'épithésiste procède à la teinte dans la masse de la silicone.

L'étape de transformation de la maquette en cire en prothèse en silicone est sensiblement similaire aux exemples précédents. La différence réside dans la présence de la coque oculaire au sein de la cire. Celle-ci devra être stabilisée avant la coulée de la silicone, de manière à garder la même position au sein de la prothèse polymérisée. L'épithésiste du service de PMF du CHU de Toulouse fixe la coque oculaire sur un tuteur en résine ivolen. Ce dernier vient se loger dans un espace créé en fraisant de part et d'autre du moulage puis comblé avec du plâtre. La maquette en cire est fixée sur le modèle. La contre-partie du moule est réalisée. Par la technique de la cire perdue, la cire est éliminée. La coque oculaire est toujours maintenue par le tuteur. La silicone peut alors être coulée.

Ci-dessous, la partie et la contre-partie du moule après élimination de la cire. La coque oculaire est maintenue par le tuteur fixé dans le plâtre.



Figure 55 : Partie et contre partie du moule avec coque oculaire

Une autre difficulté a été rencontrée lors de l'essayage de la maquette en cire. Dotée de longs cils au niveau de la paupière gauche, la patiente souhaitait avoir des cils sur la prothèse. Coller des faux cils sur la silicone est réalisable mais requiert patience et minutie.

Nous ne possédons pas de photographies de l'essayage de la maquette ainsi que de la prothèse définitive en silicone. Voici d'autres exemples d'épithèses oculo-palpébrales :



Figure 56 : Patiente sans et avec prothèse oculo-palpébrale



Figure 57 : Patient sans et avec prothèse oculo-palpébrale

En résumé,

Epithèse	Nasale	Auriculaire	Oculo-palpébrale
Empreinte faciale	Empreinte de la perte de substance (PDS)	Empreinte PDS + empreinte organe sain contro-latéral	Empreinte PDS + empreinte organe sain contro-latéral + choix de la coque oculaire
Réalisation de la maquette	A partir d'une banque de données	A partir d'une banque de données et en s'inspirant de l'organe contro-latéral	Par addition en s'inspirant de l'organe contro-latéral, en intégrant la coque oculaire
Essayage	Examen de l'adaptation des bords et de l'intégration esthétique et fonctionnelle + teinte de la silicone dans la masse		
Réalisation de l'épithèse	Moule en 2 parties	Moule en 3 parties	Moule en 2 parties avec tuteur pour fixer la coque oculaire
Maquillage de l'épithèse	En accord avec l'aspect cutané environnant	Par mimétisme avec la partie manquante contro-latérale + en accord avec l'environnement cutané	Par mimétisme avec la partie manquante contro-latérale + en accord avec l'environnement cutané
Fixation	Colle adhésive / implants / lunettes	Colle adhésive / implants	Colle adhésive / implants NB : les lunettes peuvent permettre de masquer le joint prothétique mais ce n'est pas un moyen de fixation

Troisième partie

L'INTERFACE

HOMME-MACHINE

Une nouvelle forme de moulage et modelage prothétique se dévoile depuis quelques dizaines d'années. Apparue grâce aux progrès dans l'acquisition des données médicales et à l'amélioration de l'outil informatique, elle permet de prendre une empreinte à distance du patient. Après acquisition du modèle, il est possible de l'analyser, le stocker, le modifier et le réparer virtuellement de manière quasi illimitée. Conçues initialement au profit de la prothèse intra-buccale, ces techniques d'empreinte optique et de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) sont ensuite exploitées dans le domaine de l'épithèse faciale. Au travers de ce chapitre, nous allons détailler les différentes étapes de cette technologie nouvelle en prothèse faciale.

I. Les débuts de la CFAO (61) (62)

Le développement de l'outil informatique au XX^{ème} siècle a permis l'automatisation d'une multitude de tâches autrefois réalisées manuellement. Ces évolutions, plus que jamais d'actualité, concernent depuis quelques dizaines d'années le monde de la prothèse oro-faciale.

Grâce aux progrès dans l'acquisition de données médicales, François Duret, au début des années 70, émet l'idée de fabriquer des prothèses grâce à l'informatique. Ces méthodes étaient déjà utilisées dans le domaine de l'aéronautique et de l'automobile pour standardiser et simplifier la réalisation de formes répétitives. Toutefois, la problématique de la prothèse dentaire est autre puisqu'elle a pour objectif la réalisation de formes uniques et spécifiques à chaque cas.

Précédant cette période, des travaux inspirés de l'œuvre de Denis Gabor sur l'holographie, furent réalisés par des orthodontistes américains et mirent évidence une technique de visualisation en 3 dimensions que l'on peut considérer comme la première empreinte optique. L'holographie ne permettant pas la mesure d'objets, F. Duret et son équipe s'orientèrent vers un autre procédé : l'interférométrie (opération de mesure pratiquée à l'aide d'un instrument permettant de déterminer certaines grandeurs par l'utilisation des phénomènes d'interférence (1)) développée dans les années 70 également.

En 1973, F. Duret pose les bases de l'actuelle CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur) dentaire dans sa thèse « L'empreinte optique » et une dizaine d'années plus tard, il présente les travaux de son équipe aux Entretiens de Garancière.

Lors du congrès de l'ADF de 1985, il démontre l'efficacité de son système en créant une couronne unitaire à son épouse en une heure. Dès les années 1987, deux systèmes voient le jour : le Cerec® mis au point par le Dr Mormann (Suisse) et de Mr Brandestin et le système Le Procéra® qui a vu le jour grâce au Dr Anderson (Suédois).

A la fin des années 80, il n'est plus nécessaire de montrer la faisabilité de cette technologie mais de prouver son efficacité et son intérêt pour la profession. Elle acquiert petit à petit sa crédibilité et depuis quelques dizaines d'années, s'impose aussi bien dans les laboratoires de prothèses que dans les cabinets dentaires.

La prothèse maxillo-faciale a tardé à utiliser cette technologie. La faible demande de ce type de prothèses et ses exigences particulières sont à l'origine de ce retard. Les fabricants ont ensuite imaginé des scanners 3D et des logiciels de CFAO adaptés à l'épithèse faciale.

En dehors de l'empreinte optique associée à la CFAO, d'autres outils permettent depuis plusieurs années, l'acquisition informatique des données tridimensionnelles. La tomodensitométrie ou CT Scan (computed tomography) et le CBCT (Cone beam computed tomography) consistent à soumettre le patient à un balayage de rayons X dont l'absorption par les tissus est enregistrée et traitée informatiquement. L'inconvénient majeur de ces appareils est l'exposition du patient à des radiations ionisantes. L'IRM (imagerie par résonance magnétique) reposant sur le principe de résonance magnétique nucléaire, ne génère pas de rayonnements ionisants. Ce procédé est, néanmoins, très long et très coûteux. Selon plusieurs études, la TDM, l'IRM et l'empreinte optique sont équivalentes en termes d'enregistrement des dimensions. L'empreinte optique va analyser le revêtement visible du visage et de la perte de substance, tandis que la TDM et l'IRM réalisent une exploration interne des tissus. Pour choisir la bonne technique d'acquisition, il est essentiel de se questionner sur, la nature des tissus à enregistrer, leur accessibilité, l'émission de radiation et le coût de la méthode. (63) (64)

L'empreinte optique va permettre d'éviter les problèmes de radiations, de durée et de stress imputés aux autres techniques. Elle semble être, désormais, la méthode de référence pour l'acquisition des données traitées par ordinateur dans le cadre de la réalisation d'épithèses faciales. Cependant le recours aux techniques d'imageries internes est parfois nécessaire, notamment lors de la pose d'implants.

II. Principes de l’empreinte optique (63) (65) (66)

Réaliser l’empreinte d’un objet en méthode optique repose sur un principe de base selon lequel un objet placé dans un champ lumineux crée une perturbation de la lumière. S’il est possible d’enregistrer et de mesurer cette perturbation, il est possible d’apprécier la forme de l’objet car c’est sa surface qui crée cette perturbation. La perturbation correspond à l’empreinte de l’objet par la lumière.

Toutes les méthodes de mesure 3D ont le même objectif : comment décrypter et mesurer la perturbation qu'impose un objet à un espace connu et stable (non perturbé). Le vecteur d'empreinte est la partie analysant cette perturbation. En comparaison avec l’empreinte traditionnelle, l’objet crée une perturbation de la pâte à empreinte qui devient le vecteur de cette perturbation. Sa mesure est matérialisée par la réalisation d’un modèle en plâtre. Elle n’est pas quantifiée mais se présente sous forme matérielle, palpable et reproductible.

La déstabilisation, la dérive ou la déformation du système rayonnant, va être mesurée et va permettre de quantifier la surface de l'objet. Ce rayonnement est projeté selon un point, une ligne voire une surface plus ou moins complexe sur la surface à analyser puis la déformation imposée à cette projection est mesurée. C’est le principe de l’empreinte optique ou ondulatoire, un rayonnement lumineux est envoyé à la surface de l’objet et un récepteur enregistre sa transformation sans aucun contact entre l’objet et le capteur.

Dans le cadre des empreintes intra-orales, plusieurs systèmes d’émission/réception du rayonnement sont utilisés. Les deux plus fréquentes sont :

- La triangulation laser : un point ou une ligne lumineuse balaie la surface de l’objet, les distorsions de la lumière sont enregistrées par un capteur. Le terme triangulation vient de la disposition en triangle de l’émetteur du rayonnement, de l’objet et du récepteur.
- La lumière structurée : un réseau lumineux est projeté sur le sujet, sa déformation est enregistrée. L’avantage des systèmes à lumière structurée est leur rapidité, au lieu de scanner une bande à la fois, ils peuvent scanner tout le champ de vision en une prise. C’est ce qui est généralement utilisé dans le cadre des empreintes faciales extra-orales.

L'appareil permettant de réaliser la prise d'empreinte optique est un scanner 3D. A partir d'une position donnée par rapport à l'objet concerné, le scanner projette un rayonnement sur une partie de la surface de l'objet. Chaque point de la surface touchée par la source lumineuse est enregistré (ses coordonnées X, Y, Z et son intensité) par une caméra intégrée au numériseur. L'ensemble très dense de points X, Y, Z est appelé nuage de points et montre à l'écran la forme tridimensionnelle de la surface scannée. L'opération est répétée avec différents emplacements du scanner 3D par rapport à l'objet afin de recouvrir toute la surface de l'objet et en prenant soin d'avoir toujours une section commune pour chaque image 3D. Ces dernières sont ensuite fusionnées pour obtenir un modèle numérique 3D.

En général, les scanners 3D sont équipés des éléments suivants :

- émetteurs de lumière structurée
- capteurs ou récepteurs spécifiques du rayonnement émetteur, ayant pour fonction de retrouver et de mettre sous forme de valeur utilisable la perturbation provoquée par l'objet ;
- convertisseurs permettant de décrypter la perturbation analogique transmise par le capteur et de la convertir en valeur numérique, autrement dit en nuages de points (« Ensemble de points prélevés par balayage de la surface d'un objet dont les coordonnées X, Y, Z sont calculées dans un système de référence commun. Cet ensemble de points représente la forme, en version numérique, de la surface balayée de l'objet. » (66))
- filtres et algorithmes de traitement de l'image ayant pour fonction de formater les valeurs numériques dans un système compréhensible par les logiciels de CAO comme le format universel « STL ».

III. Etapes prothétiques assistées par ordinateur

Après avoir détaillé les étapes de réalisation traditionnelle des épithèses faciales dans le chapitre précédent, voyons à présent le cheminement à suivre pour leur réalisation en CFAO.

A. L’empreinte optique (67) (68) (69)

Dans un premier temps, il est important de bien informer le patient sur le déroulement de la séance d’empreinte.

L’opérateur va ensuite initialiser et calibrer le scanner 3D selon les instructions du fabricant.

Le patient doit être installé confortablement. En général, il est assis, la tête droite, le visage détendu et le regard au loin. Il doit maintenir cette position le temps de l’empreinte.

Les scanners 3D sont actuellement portatifs. Lors de l’empreinte, l’opérateur va maintenir l’appareil et le déplacer autour du patient à environ 1 m du visage. Les prises de vue durent quelques secondes. L’acquisition et l’enregistrement des données au bon format se produisent quasi simultanément. La surface scannée est donc visible presque instantanément sur le logiciel informatique. L’opérateur peut voir les zones non enregistrées, il change alors d’angles de vue pour réaliser d’autres prises.

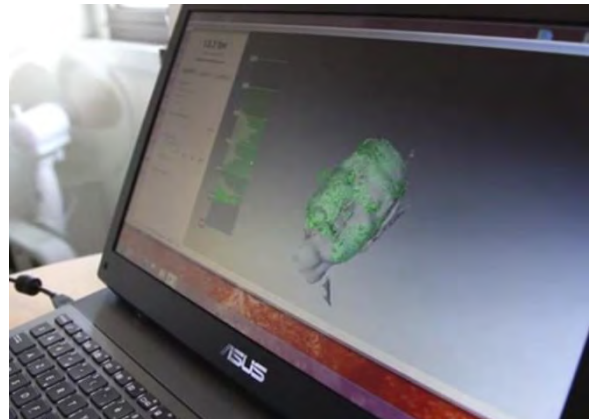


Figure 58 : Prise d'empreinte optique

B. L'acquisition des données (65)

La deuxième partie d'une empreinte optique correspond au traitement du signal qui va permettre d'exploiter les informations recueillies. Comme nous venons de la voir, cette étape se produit simultanément au balayage du visage par le scanner.

Cette étape se décompose en 4 phases successives :

- L'échantillonnage consiste à prélever un nombre de points élémentaires en provenance de l'objet grâce au capteur. Les capteurs optroniques (dont les CCD) présents dans les caméras vont enregistrer la position et mesurer l'intensité du rayonnement qui se réfléchit sur la surface de l'objet. Ils sont sous le contrôle de cartes électroniques dites de traitement de l'image qui récupèrent l'information point par point et convertissent le signal photonique en signal électrique puis numérique.
- Le codage : il s'agit d'attribuer à chaque pixel une valeur X et Y correspondant à sa position sur la surface de l'objet (image 2D) et une valeur Z (image 3D) liée à la mesure de l'intensité dans le puit de potentiel, fonction du nombre de photons qui viennent frapper sa surface.
- La restauration de l'empreinte consiste à simplifier l'information, à supprimer les points aberrants ou inutiles et à reconstruire l'objet en retrouvant, par exemple, les surfaces invisibles grâce à la corrélation des vues.
- L'extraction et la reconnaissance des paramètres : cette étape est de plus en plus automatique. Il s'agit d'indiquer et de placer certains éléments pouvant aider à la conception du modèle facial. Exemple en CFAO dentaire : indiquer les sillons, les sommets de cuspides, les zones de contacts, etc.

C. La conception (63)

Suite à l'acquisition des données, le modèle numérique du visage du patient est envoyé vers le logiciel de conception où il est enregistré et exploité au format stl (StéréoLithographie). Ce format permet une lisibilité des différentes machines de prototypage.

La modélisation de l'épithèse peut être réalisée, sans référence aucune, par l'opérateur qui va tracer manuellement les lignes définissant les contours de la future prothèse. Cette méthode est longue, délicate et sujette aux erreurs d'appréciation humaine. D'autres procédés permettent de remédier à ces difficultés.

1. La modélisation pré-opératoire (70)

Après l'indication d'exérèse et avant la chirurgie, le patient peut être amené à se présenter au cabinet de PMF. Cette séance reflétant la symbiose chirurgico-prothétique va permettre au praticien de communiquer au chirurgien d'éventuelles requêtes et de réaliser une première empreinte optique afin de sauvegarder un modèle per-opératoire du visage du patient.

Quelques mois après l'intervention chirurgicale, le visage est à nouveau scanné. Les modèles per et post-opératoires sont superposés par le logiciel de conception. La morphologie de l'organe réséqué est reproduite avec exactitude.

Cette technique est la plus fidèle. Cependant, elle n'est pas toujours envisageable, soit parce que le patient ne se présente qu'après l'intervention, soit car l'organe est déformé ou délabré par la maladie ou le traumatisme.

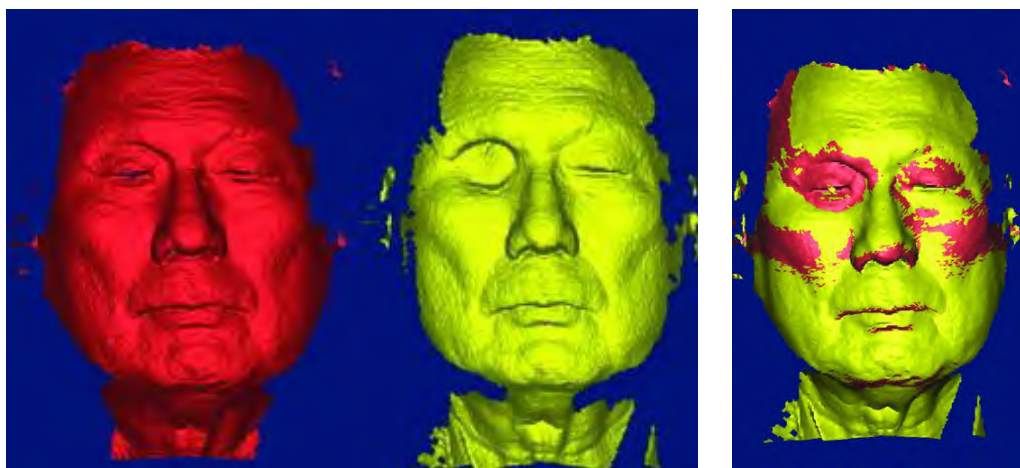


Figure 59 : Image avant et après intervention chirurgicale et fusion des deux images

2. La méthode du miroir (67) (68)

Cette méthode n'est réalisable que pour des défauts unilatéraux qui ne sont pas centrés sur le plan sagittal médian. C'est inenvisageable pour la réalisation d'une prothèse nasale par exemple.

Il s'agit de sélectionner la partie controlatérale au défaut. Grâce à l'outil de symétrie selon un axe vertical, nous obtenons une image miroir par rapport au plan sagittal médian. Il faut ensuite la positionner correctement sur la zone du défaut. Cette manipulation est assez délicate car elle se base sur un référentiel esthétique.

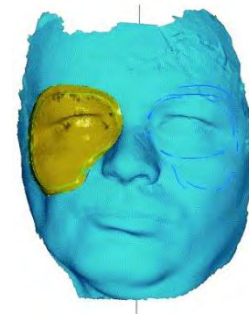


Figure 60 : modèle prothétique (jaune) réalisé par effet miroir

3. La base de données (71) (72)

Quand la perte de substance se situe sur le plan sagittal médian et en absence de modélisation pré-opératoire, l'épithésiste va se référer à une base de données. Pour un organe, plusieurs modèles sont proposés. Il suffit de sélectionner celui qui convient le mieux au visage du patient. Cette banque de données semble être alimentée par un certains nombres de modèles faciaux aux morphologies variées. Certains logiciels sont capables d'afficher automatiquement le modèle le plus adapté au visage du patient, résultat du calcul statistique issu des données enregistrées. Il est ensuite possible d'ajuster la taille et la forme de la pièce prothétique. L'épithésiste peut s'aider d'une photographie du patient réalisée avant l'intervention chirurgicale pour effectuer les quelques retouches.

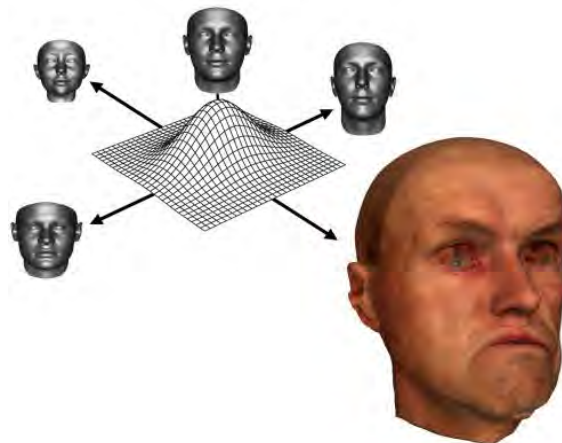


Figure 61 : Essayage virtuel d'un modèle de prothèse nasale issu du calcul statistique réalisé à partir de la base de données

D. La fabrication (63) (73) (74)

La phase finale du processus de CFAO va transformer le modèle numérique de la future prothèse en modèle physique. Le logiciel FAO est l'interface entre la CAO et le directeur de commande numérique de la machine-outil. Après avoir importé la modélisation 3D de la pièce prothétique, le logiciel FAO traduit les données numériques en mouvements analogiques réalisés par les instruments de l'appareil de prototypage.

Pour matérialiser l'objet virtuel, divers procédés de fabrication sont utilisés. On peut les regrouper en deux catégories : les méthodes soustractives se référant aux méthodes d'usinage et les méthodes additives.

1. Les méthodes soustractives

Les méthodes soustractives consistent à enlever de la matière afin de donner à une pièce brute, la forme et les dimensions voulues. Les machines-outils contrôlées par un programmeur numérique vont scier, couper, fraiser un bloc de matériau pour le dégrossir et le sculpter. C'est le mécanisme utilisé par le Cerec®, pour la fabrication d'inlay-onlays, couronnes unitaires ou plurales, armatures de bridges ou encore piliers implantaires. Cette méthode offre une très grande précision même si celle-ci est limitée par le diamètre des fraises utilisées.

L'inconvénient de ce procédé est la perte significative de matériau et le coût qu'elle représente. De plus, il est impossible de créer des pièces présentant des contre-dépouilles, ceci ne pose pas de problème dans le cadre de la prothèse dentaire où la dépouille est de rigueur. Cependant l'anatomie complexe de certaines épithèses faciales inclut parfois des contre-dépouilles (ex : prothèse auriculaire). Pour ces raisons, la prothèse faciale va plutôt se tourner vers des techniques de fabrication additives.

2. Les méthodes additives (63) (74) (75)

L'avantage de ces méthodes est la possibilité de créer des pièces aux formes complexes, présentant des contre-dépouilles ou des « vides ». Elles évitent également la perte de matériau.

Le principe est la fabrication d'un objet par couches. Des couches successives de même épaisseur sont ajoutées les unes sur les autres et finissent par créer un objet. La hauteur des couches est étroitement dépendante de la précision des appareils de prototypage. Plus ces couches sont fines, plus la machine est précise et inversement.

a) Stéréolithographie (76)

L'objet est construit sur une plate-forme horizontale, plongée dans un liquide plastique monomère. La solidification se produit par photo-polymérisation dû à l'impact de lumière sur la surface supérieure du liquide. Un simple rayon ultraviolet ou une lumière dans les fréquences visibles va déclencher la polymérisation. La lumière est absorbée par le liquide, ce qui limite sa diffusion dans le liquide à quelques 10^{èmes} de millimètres (environ équivalent à l'épaisseur des couches). Une fois la première couche solidifiée, la plate-forme s'enfonce de la hauteur d'une strate et un nouveau cycle de polymérisation commence. Le processus se répète jusqu'à l'obtention de l'intégralité de l'objet en résine. La pièce est, ensuite, séchée au four pour accroître au maximum la résistance du matériau.

Le liquide non polymérisé peut être récupéré et réutilisé.

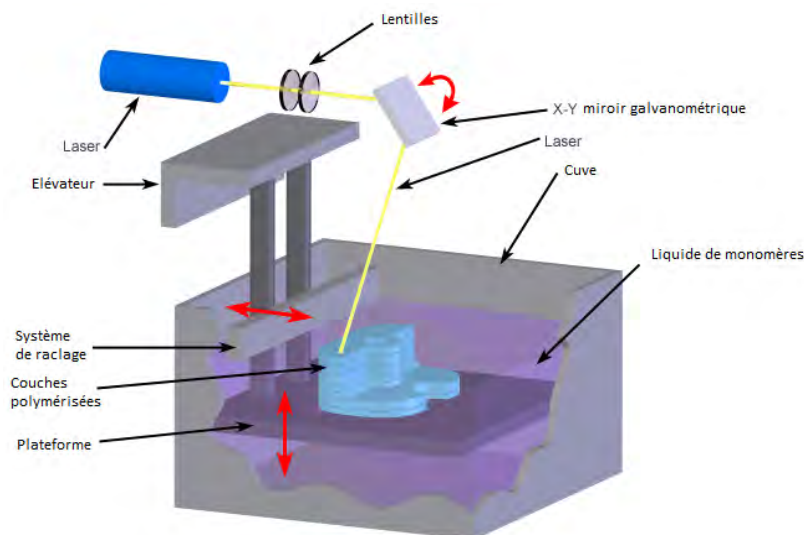


Figure 62 : Fonctionnement de la stéréolithographie

Les modèles réalisés par stéréolithographie sont en résine. Or le matériau de choix des épithèses faciales est la silicone. Il conviendra donc d'ajouter une étape manuelle au processus de CFAO.

La maquette en résine est essayée sur le patient et rectifiée si nécessaire. L'étape de transformation de la résine en silicone se rapporte à la technique artisanale : un moule de la maquette est confectionné, à l'intérieur duquel sera coulée la silicone préalablement teintée dans la masse. Après polymérisation, la prothèse est maquillée puis remise au patient.

b) Le frittage sélectif par laser

Le frittage sélectif au laser consiste à transformer une poudre en un solide par fusion (ou frittage) à l'aide d'un faisceau laser. La poudre est préalablement chauffée juste en dessous de son point de fusion. La fabrication suit le cycle suivant : un rouleau dépose une fine couche de poudre plastique puis le laser solidifie une zone de la couche qui fusionne avec la couche précédente. Un nouveau cycle peut commencer.

Une fois la polymérisation terminée, la poudre non solidifiée est retirée et l'objet dévoilé. La poudre est récupérée pour être réutilisée ultérieurement.

Ce procédé ne nécessite pas de post-séchage au four.

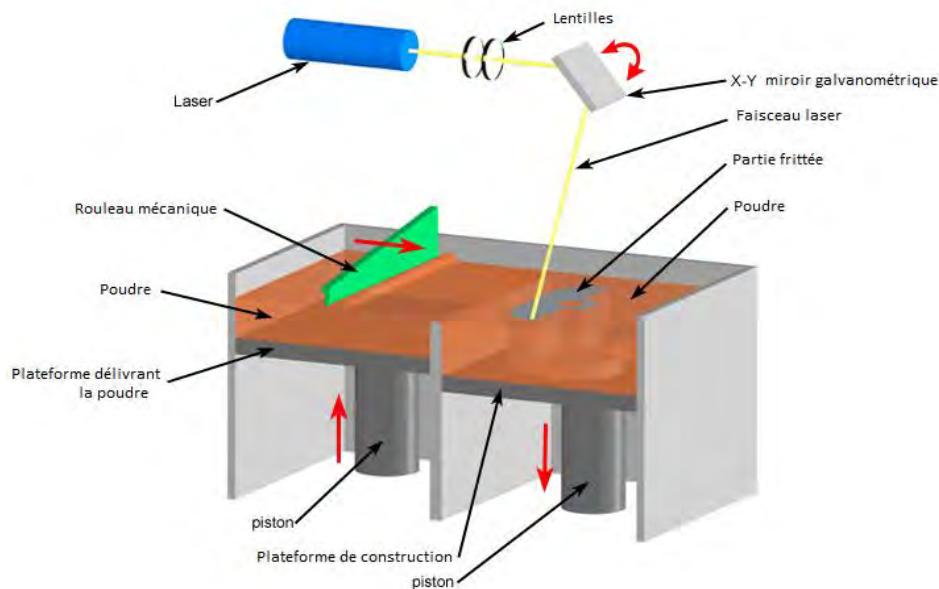


Figure 63 : Fonctionnement du frittage sélectif au laser

En odontologie, la poudre utilisée peut être résineuse ou métallique. Le frittage de poudre métallique nécessite un passage au four pour la diffusion et l'infiltration au bronze. En prothèse faciale, nous utiliserons la poudre de résine pour confectionner les maquettes en résine. Comme vu précédemment, ceci requiert une étape manuelle supplémentaire pour la réalisation de la prothèse définitive en silicone.

c) L'imprimante 3D

L'objet se construit sur un plateau horizontal. Une tête d'impression munies de plusieurs buses se déplace et projette le matériau couche par couche. Puis le plateau descend de la valeur de la hauteur d'une strate pour réaliser la couche suivante. Il y a autant de cycles que de couches nécessaires à l'obtention de l'intégralité de l'objet.

L'imprimante va aussi projeter de la matière dite « support » qui va servir de soutien à la matière formant l'objet. Cette couche de support, en matériau soluble, sera ensuite éliminée en plongeant l'objet dans un bain ou en projetant une solution liquide.

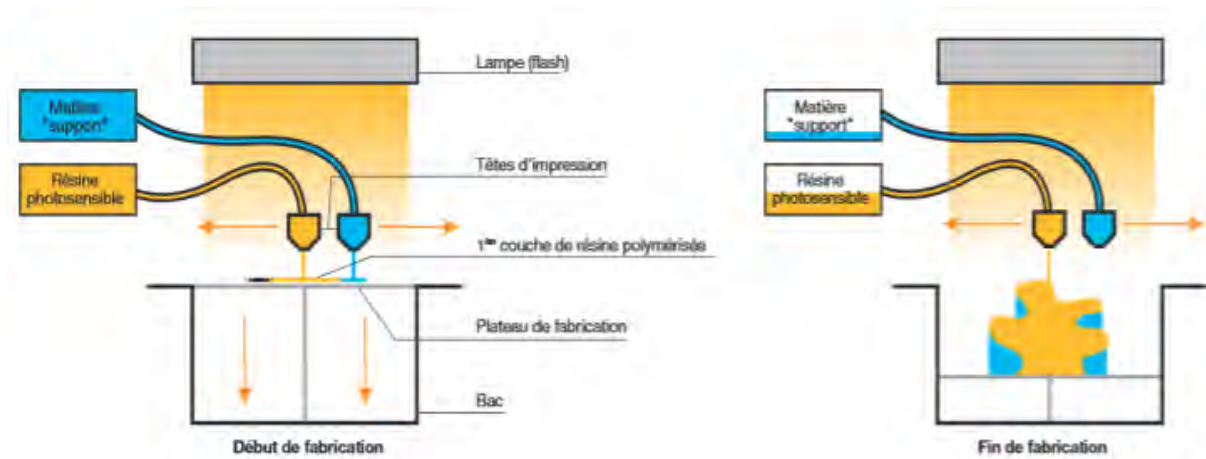


Figure 64 : Fonctionnement de l'impression 3D

Les objets prothétiques issus de l'imprimante 3D sont façonnés en cire ou en résine. On obtient donc des maquettes en cire ou résine. Le traitement manuel de ces modèles par la technique de la cire perdue ou la confection d'un moule va aboutir à la réalisation d'une prothèse en silicone, comme vu précédemment.

Comme nous venons de voir, les machines de prototypage rapide utilisent la cire ou la résine comme matériau de fabrication des épithèses faciales. Or cela nécessite une étape manuelle supplémentaire. Nous sommes, à même de nous demander pourquoi ne proposons nous pas aux patients des prothèses en résine ? Cette solution permettrait d'éviter l'étape manuelle de transformation de la résine en silicone. En effet, la résine peut être utilisée pour la confection de l'épithèse définitive mais ce matériau possède de gros inconvénients par rapport à la silicone. Matériau rigide, opaque, relativement lourd et irritant, la résine n'est pas à la hauteur de la silicone qui possède de réelles qualités esthétiques et de biocompatibilité.

Le prototypage d'objets en silicone, difficile à mettre en place à cause des propriétés élastiques de la silicone, semble être une des innovations très attendues dans le domaine restreint de l'épithèse faciale. La perspective future du passage à la couleur grâce aux appareils de prise de teinte électronique en fait également partie.

E. Différentes adaptations cliniques

En générale, la CFAO en prothèse faciale s'achève avec la fabrication par une machine-outil d'une maquette en résine ou en cire qui sera transformée de manière traditionnelle en prothèse en silicone.

Elle peut aussi se terminer par la fabrication du modèle négatif de l'épithèse autrement dit du moule dans lequel sera versée la silicone avant sa polymérisation ce qui réduit l'intervention manuelle d'une étape et se rapproche de la fabrication entièrement automatisée. (72) (77)



Figure 65 : CFAO d'une prothèse orculo-palpébrale. 1 : avec défaut apparent, 2 : essayage de la maquette en résine, 3 : port de la prothèse définitive après maquillage

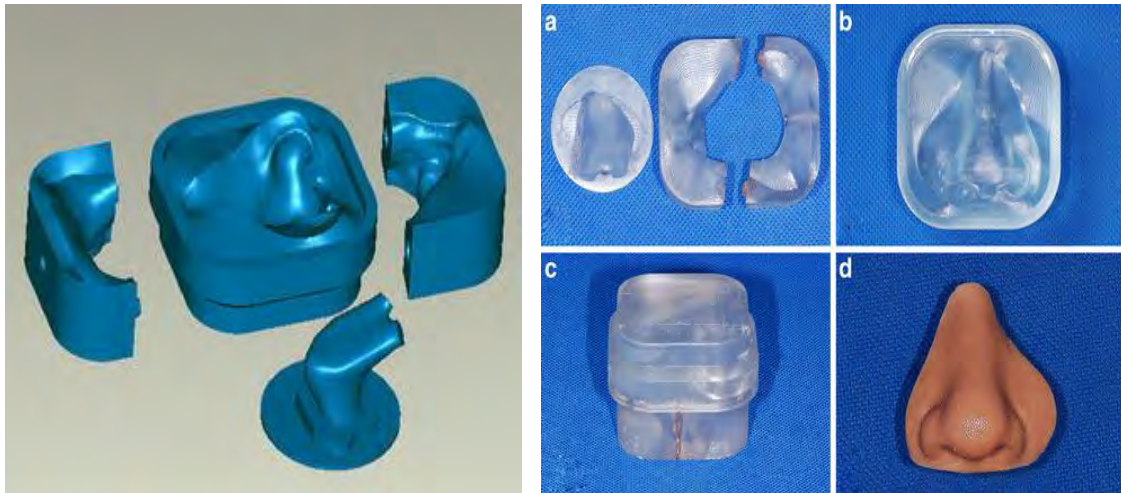


Figure 67 : 1^{ère} image : moule virtuel en 4 pièces au stade de conception, 2^{ème} image : a,b : pièces du moule en résine, c : pièces assemblées, d : prothèse nasale en silicone

Lors de la planification de la pose d'implants comme moyen de fixation de l'épithèse faciale, divers procédés d'imagerie peuvent être réalisés afin d'examiner les revêtements cutanés et muqueux visibles ainsi que le squelette sous-jacent. La superposition entre les images intra-osseuses et de surface permet de proposer des sites implantaires en tenant compte des possibilités osseuses et du site d'émergence sous-prothétique. Un guide chirurgical est ensuite réalisé par FAO pour la mise en place des implants. (78)

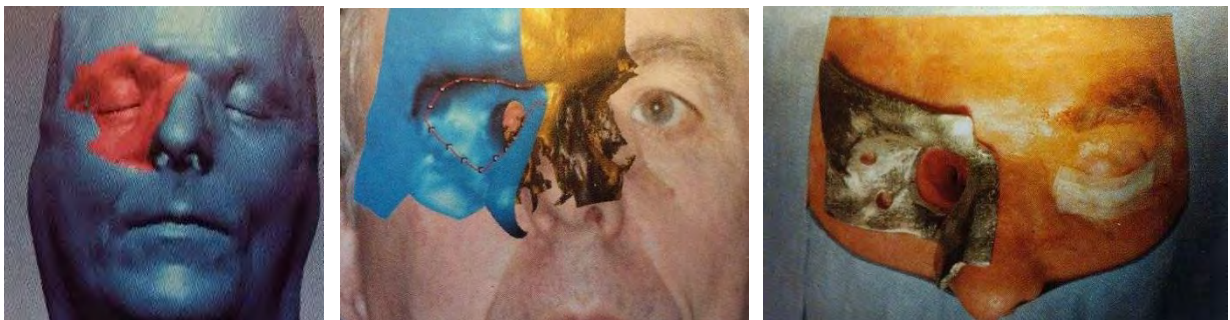


Figure 66 : Réalisation d'une épithèse oculo-palpébrale sur implants 1 : report en miroir de la zone saine sur la zone du défaut, 2 : superposition entre les images osseuses et de surface, 3 : guide chirurgical réalisé par FAO après choix des sites implantaires

IV. Avantages et inconvénients de la CFAO en prothèse faciale

A. Avantages (79) (80)

Pour le patient, l’empreinte optique est moins stressante et moins longue que la prise d’empreinte classique à l’alginate qui peut être angoissante, parfois délicate pour la praticien et présente des risques de fuites dans les cavités naturelles.

L’empreinte optique enregistre avec précision la surface du visage sans risque de déplacements des tissus imputés à la pose d’alginate sur le visage. Dans le cas de réalisation d’épithèse oculo-palpébrale, le patient peut garder l’œil contro-latéral ouvert, ce qui apporte des informations supplémentaires de forme et de dimension par rapport à l’empreinte classique réalisée paupières fermées.

L’automatisation des tâches va supprimer les erreurs liées à l’appréciation humaine ainsi que les pertes d’information dues aux nombreuses étapes prothétiques. Les données numériques sont « inaltérables » contrairement à l’alginate dont la stabilité est diminuée par le temps et le plâtre dont la surface s’altère au fil des manipulations.

Les outils de CAO facilitent le travail de l’épithésiste et permettent une précision de forme et de dimension difficilement égalable par la main de l’Homme.

Le concept de CFAO va permettre de proposer facilement au patient plusieurs simulations de sa future prothèse de manière à ce qu’il puisse faire un choix avec l’aide de son entourage.

Etant donné la durée de vie limitée de ces prothèses en silicone, il est possible grâce aux systèmes de sauvegarde, de créer rapidement une nouvelle prothèse similaire à la précédente avec un gain de temps considérable.

B. Inconvénients

En automatisant les tâches, on retire à la discipline toute sa dimension artistique. L'épithésiste possède un savoir faire artisanal singulier. Le résultat n'est certainement pas parfait de point de vue de la symétrie ou d'un modèle pré-établi mais les qualités esthétiques et l'intégration de l'épithèse au sein du visage sont indiscutables.

LA CFAO dans le cadre de l'épithèse faciale ne va pas au bout du processus de réalisation prothétique car il aboutit à la fabrication de la maquette. Une autre étape est nécessaire pour obtenir la prothèse définitive en silicone.

Le coût très élevé de l'ensemble des appareils (scanner 3D, logiciels, machine de prototypage rapide) et la demande très limitée de ce genre de prothèses permet difficilement de rentabiliser ce type d'équipement.

CONCLUSION

Les techniques en prothèse faciale évoluent, tout comme l'ensemble des disciplines de l'odontologie, vers une informatisation des protocoles. La méthodologie par CFAO permet de faciliter les étapes de réalisation de la maquette en cire et de fabrication de la prothèse en silicone ainsi que la prise en charge du patient. Elle conduit à l'évolution du métier de prothésiste : d'un savoir-faire artisanal vers une maîtrise de l'outil informatique. Or quand la machine remplace la main, la réflexion et l'approche mentale se perdent parfois (81). Afin que la CAO reste un moyen et non une fin, il est nécessaire d'adopter une démarche intellectuelle de conception et de renouer cycliquement avec le travail manuel.

Président du Jury

Vu, le Président du Jury



Directeurs de Thèse



Dr R. ESCLASSAN
19/02/2015



BIBLIOGRAPHIE

1. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales [Internet]. [cité 9 juin 2014]. Disponible sur: <http://www.cnrtl.fr/>
2. Le Trésor de la Langue Française Informatisé [Internet]. [cité 9 juin 2014]. Disponible sur: <http://atilf.atilf.fr/>
3. Delâtre L. La langue française dans ses rapports avec le Sanscrit, et avec les autres langues indo-européennes. Chez Firmin Didot; 1854. 504 p.
4. Leroi-Gourhan A. L'homme et la matière. Albin Michel; 1993. 348 p.
5. Figueres M-A, Delpech J-P. Empreintes et moulages du corps humain. Eyrolles; 2004. 93 p.
6. L G-M. Le Cuivre en Egypte pharaonique : sources et métallurgie. Paléorient. 1984;10(1):97-126.
7. Cordier G. Quelques moules de l'Age du Bronze provenant de la Touraine et du Berry. Bull Société Préhistorique Fr. 1962;59(11):838-49.
8. Rosier P. Le moulage. Dessain et Tolra. 2005. 158 p.
9. Delpech J-P, Figueres M-A. Le guide du moulage. Eyrolles; 2001. 159 p.
10. Bignolais G. Empreintes et sculptures du corps humain. E.C.; 2006.
11. Le Breton D. Des Visages, Essai d'anthropologie. A. m. Métailié; 2003.
12. Midgley B. Le Guide complet de la sculpture : Techniques et matériaux. Ulisse. 1992. 224 p.
13. Jean D. Fonte à la cire perdue Bronze ou Airain [Internet]. 2009. Disponible sur: <http://www.academie-des-beaux-arts.fr/actualites/travaux/Comm.%202008/05-2008-Dubos.pdf>
14. Lebon É. Eugène Gonon, L'art de fondre en bronze à cire perdue, 1876. Collections électroniques de l'INHA Actes de colloques et livres en ligne de l'Institut national d'histoire de l'art [Internet]. INHA; 2011 [cité 27 janv 2015]. Disponible sur: <http://inha.revues.org/3522>
15. Louis XIV à cheval | Musée du Louvre | Paris [Internet]. [cité 7 oct 2014]. Disponible sur: <http://www.louvre.fr/oeuvre-notices/louis-xiv-cheval>
16. Rosier P. La sculpture, méthode et matériaux nouveaux. Pascal Rosier; 2001. 64 p.
17. Letourneur J. Le modelage du corps humain ou le langage de la forme. Dessain et Tolra. 2005. 96 p.
18. Dame de Brassempouy | Panorama de l'art [Internet]. [cité 7 oct 2014]. Disponible sur: <http://www.panoramadelart.com/dame-de-brassempouy>
19. Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers [Internet]. [cité 17 oct 2014]. Disponible sur: http://portail.atilf.fr/cgi-bin/getobject_?p.110:104./var/artfla/encyclopedie/textdata/image/

20. Destruhaut F, Vigarios E, El Kesri H, Pomar P. Face et visage : les résonances socioculturelles de l'anatomie artistique à travers l'iconographie. EMC - Médecine buccale. 2010;([28-070-U-10]):1-8.
21. Parcours : Art funéraire – Égypte romaine | Musée du Louvre | Paris [Internet]. [cité 22 juill 2014]. Disponible sur: <http://www.louvre.fr/routes/art-funeraire>
22. Dunand F, Lichtenberg R. Les momies - Un voyage dans l'éternité. Découvertes Gallimard. 144 p.
23. Slim H. Masques mortuaires d'El-Jem (Thysdrus). Masq Mortu El-Jem Thysdrus. 1976;79-92.
24. Images majorum [Internet]. Dictionnaire des Antiquités romaines et grecques. [cité 22 juill 2014]. Disponible sur: <http://www.mediterranees.net/civilisation/Rich/Articles/Religion/Tombeaux/Images.html>
25. Lancel S. Carthage. Le Grand Livre Du Mois; 1992. 525 p.
26. Masque de type grimaçant | Musée du Louvre | Paris [Internet]. [cité 22 juill 2014]. Disponible sur: <http://www.louvre.fr/oeuvre-notices/masque-de-type-grimaçant>
27. Roshem S. Prothésis - Le corps, la mort et la céroplasticienne [Internet]. 2003 [cité 28 janv 2015]. Disponible sur: http://www.cafe-racer.fr/srlabo/srlabo.org/srlabo.org/ph_D_files/these.pdf
28. Barral i Altet X, Bresc-Bautier G, Bruneau P, Ceysson B, Daval J-L, Duby G. La Sculpture. De l'Antiquité au XXe siècle. Köln; Paris: TASCHEN FRANCE; 2013. 1152 p.
29. Masque Henri II [Internet]. Site officiel du musée du Louvre. [cité 28 janv 2015]. Disponible sur: http://cartelfr.louvre.fr/cartelfr/visite?srv=car_not_frame&idNotice=1882
30. Milovanovic N, Maral A. Louis XIV, l'homme et le roi, Exposition, château de Versailles, du 19 Octobre au 19 Janvier 2010. Flammarion; 2009.
31. Roger V. Du portrait malgré lui à la grâce intemporelle du visage. Bull Cent Rech Château Versailles Sociétés Cour En Eur XVIe-XIXe Siècle. 13 juin 2008;
32. A fleur de peau, le moulage sur nature au XIXème siècle, exposition, Musée d'Orsay, 29 oct.2001-27 janvier 2002. RMN Réunion des Musées Nationaux; 2001. 190 p.
33. Theiler A. Mamco / George Segal [Internet]. [cité 19 oct 2014]. Disponible sur: http://www.mamco.ch/artistes_fichiers/S/segal.html
34. Kermi A. Reconstructions faciales à partir d'images tridimensionnelles de crânes humains par recalage et modèle déformable pour l'identification de personnes [Thèse doctorale]. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris et Université Badji-Mokhtar d'Annaba; 2008.
35. Pigeaud R. Comment reconstituer la préhistoire ? EDP Sciences; 2012. 185 p.
36. Beauthier J-P. Traité de médecine légale. De Boeck; 2011.
37. Desbois C, Mallet C, Perrot R. La méthode D.M.P. de reconstitution faciale dans l'identification médico-légale. 1992;8(1-2).

38. Bretagne J-M. La préhistoire à portée de main. *Géohistoire*. juill 2013;(9):120-8.
39. Kouwenhoven A. Projet Sensaos : Comment reconstituer le visage d'une momie. *Archéologia*. oct 1998;(349):28-32.
40. Raizon D, Moreno B. Les secrets de la momie passés au scanner - RFI [Internet]. rfi.fr. 2008 [cité 30 janv 2015]. Disponible sur: http://www1.rfi.fr/sciencefr/articles/103/article_68399.asp
41. Palouzié H. L'aventure des cires anatomiques de Florence à Montpellier. DRAC Languedoc-Roussillon. 2010. 43 p.
42. Tilles G. La peau en images. *Dermatologie des XIXème et XXème siècles : Mutations et controverses*. Springer Science & Business Media; 2011. p. 23-36.
43. Tilles G, Wallach D. Le musée des moulages de l'hôpital Saint-Louis. Doin Editions; 1996. 105 p.
44. Changeux J-P, Buisseret P. Les lumières, une vision artistique de l'anatomie. La lumière au siècle des Lumières & aujourd'hui: art et science : Galeries Poirel, Nancy, du 16 septembre au 16 décembre 2005. Odile Jacob; 2005.
45. Drifi F, Le Floch-Prigent P. « Les nerfs de la face » par Tramond : pièce anatomique en cire des musées Delmas, Orfila et Rouvière à Paris. *Morphologie*. août 2009;93(301):57-62.
46. Le Floch-Prigent P, Martinello K. Dissection du cou : une pièce anatomique en cire de la collection Spitzner (no 23) des musées d'anatomie Delmas, Orfila et Rouvière : observation et reconstruction photographique tridimensionnelle. *Morphologie*. nov 2010;94(307):81-6.
47. Dichamp J, Pomar P. Introduction à la prothèse maxillofaciale. EMC Elsevier Masson [Internet]. 2004 [cité 18 déc 2014]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/25641/introduction-a-la-prothese-maxillofaciale>
48. Destruhaut F, Pomar P, Toulouse E, Vigarios E, Dichamp J. Epithèses faciales : approche fondamentale et bases thérapeutiques. *EMC-Stomatol*. 2013;1-16.
49. Cazaubon A. Contribution à l'histoire de la prothèse maxillo-faciale, de l'Antiquité à la deuxième guerre mondiale. [Thèse d'exercice]. [Toulouse]: Paul Sabatier; 1996.
50. Destruhaut F, Vigarios E, Noirrit-Esclassan E, Esclassan R. Histoire des pratiques et des mentalités en prothèse faciale. *EMC-Médecine Buccale*. 2013;6.
51. Benoist M. Réhabilitation et prothèse maxillo-faciales. Julien Prélat; 1978. 445 p.
52. Philippe J. Qui a inventé... l'empreinte et le moulage ? *Rev Orthopédie Dento-Faciale*. déc 2002;36(4):481-6.
53. Chardon E. Les matériaux d'empreinte [Thèse d'exercice]. [Nantes]: Nantes; 2003.
54. Vigarios E, Pomar P, Fusaro S, Grhenassia C. Épithèses faciales. 2008;1-10.
55. Destruhaut F. Regards sur la prothèse faciale : une « culture » de métier. 2010.
56. Allo Amichia YC, Vigarios E, Giumelli B, Pomar P. Maquillage des épithèses faciales : principes et mise en oeuvre. *Actual Odonto-Stomatol*. sept 2010;(251):245-59.

57. Bénateau H, Crasson F, Labbé D, Riscala S, Alix T. Implants extra-oraux et irradiation : tendances actuelles. 22 févr 2008;
58. Boudard P, Cadre B, Herman D, Krastinova D, Sabin P. Pertes de substance faciales localisées. 22 févr 2008;
59. Vigarios E, Destruhaut F, Alloah Amichia YC, Toulouse E, Pomar P. Prothèse faciale et silicones médicales. Les cahiers de prothèse. déc 2009;(148).
60. Goiato MC, Pesqueira AA, Santos DM dos, Zavanelli AC, Ribeiro P do P. Color Stability Comparison of Silicone Facial Prostheses Following Disinfection. J Prosthodont. avr 2009;18(3):242-4.
61. Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO Histoire vécue : le temps des pionniers. L'information dentaire. sept 2007;89(29).
62. Duret F. Un peu d'histoire ... avant de parler d'aujourd'hui et de demain. Le fil dentaire. mars 2010;(51):12-7.
63. Patry M. Revue de la littérature sur l'avancée de la CFAO dans le domaine de la prothèse maxillo-faciale en 2014 [Thèse d'exercice]. Reims Champagne-Ardenne; 2014.
64. Coward TJ, Scott BJJ, Watson RM, Richards R. A comparison of prosthetic ear models created from data captured by computerized tomography, magnetic resonance imaging, and laser scanning. Int J Prosthodont. juin 2007;20(3):275-85.
65. Duret F, Pelissier B. Différentes méthodes d'empreinte en CFAO dentaire. EMC-Médecine Buccale. 2010;1-16.
66. Guide de la CFAO dentaire [Internet]. CNIFPD-UNPPD; 2009. Disponible sur: www.unppd.org/cnifpd/Guide_CFAO.pdf
67. Reitemeier B, Notni G, Heinze M, Schöne C, Schmidt A, Fichtner D. Optical modeling of extraoral defects. J Prosthet Dent. janv 2004;91(1):80-4.
68. Feng Z, Dong Y, Zhao Y, Bai S, Zhou B, Bi Y, et al. Computer-assisted technique for the design and manufacture of realistic facial prostheses. Br J Oral Maxillofac Surg. mars 2010;48(2):105-9.
69. Techniques 3D - Atelier Montenero [Internet]. [cité 13 janv 2015]. Disponible sur: <http://www.atelier-jm.fr/techniques-3d/>
70. Yoshioka F, Ozawa S, Okazaki S, Tanaka Y. Fabrication of an Orbital Prosthesis Using a Noncontact Three-Dimensional Digitizer and Rapid-Prototyping System: Fabricating an Orbital Prosthesis with 3D Modeling System. J Prosthodont. déc 2010;19(8):598-600.
71. Mueller AA, Paysan P, Schumacher R, Zeilhofer H-F, Berg-Boerner B-I, Maurer J, et al. Missing facial parts computed by a morphable model and transferred directly to a polyamide laser-sintered prosthesis: an innovation study. Br J Oral Maxillofac Surg. déc 2011;49(8):67-71.
72. Qiu J, Gu X, Xiong Y, Zhang F. Nasal prosthesis rehabilitation using CAD-CAM technology after total rhinectomy: a pilot study. Support Care Cancer. juill 2011;19(7):1055-9.
73. Guide_CFAO.pdf [Internet]. [cité 18 janv 2015]. Disponible sur: http://www.unppd.org/cnifpd/Guide_CFAO.pdf

74. Bermes-Klaine R. La fabrication assistée par ordinateur en prothèse [Thèse d'exercice]. 2013.
75. Généralités sur le prototypage rapide [Internet]. [cité 22 janv 2015]. Disponible sur:
<http://www.univ-reims.fr/formation/ufr-instituts-et-ecoles/institut-de-formation-technique-superieur-ifts/>
76. Witkowski S, Lange R. Applications de la stéréolithographie dans la technique dentaire. Rev Mens Suisse Odontostomatol. août 2003;113:879-84.
77. Ciocca L, Mingucci R, Gassino G, Scotti R. CAD/CAM ear model and virtual construction of the mold. J Prosthet Dent. nov 2007;98(5):339-43.
78. Jaisson M, Montenero J. Epithèses faciales : optimiser le résultat esthétique par la CFAO. ADF présenté à; 2013.
79. Bou C, Pomar P, Vigarios E, Toulouse E. Prothèse maxillo-faciale et conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO). EMC-Médecine Buccale. 2004;1-6.
80. Destruhaut F, Jaisson M, Citterio H, Vigarios E, Pomar P. Apports de la CFAO dans l'intégration bio-psycho-sociale des prothèses faciales. Les cahiers de prothèse. 9 oct 2014;(Hors-série « Nouveaux regards sur la CFAO »):8.
81. Sennett R. Ce que sait la main. Albin Michel; 2010. 403 p.

TABLES DES ICONOGRAPHIES

Figure 1 : Représentations de moules en bronze pour haches et lances (Normandie) et pointes de flèches (station de Corcelette en Suisse) datés de l'âge de bronze.....	18
Figure 2 : moulage en bateau avec du plâtre en bas-relief (à gauche), schéma d'un moulage en bateau avec matériau souple d'une figurine en ronde-bosse présentant de nombreuses contre-dépouilles (à droite)	19
Figure 3 : moule en résine stratifiées, composé de plusieurs pièces maintenues par des boulons.	20
Figure 4 : moule à membrane estampée sous chape.	21
Figure 5 : dernière étape de la réalisation du moule à membrane coulée sous chape : coulée du matériau souple. (1 : coulée de la membrane souple, 2 : tige de coulée en terre, 3 : événements).....	21
Figure 6 : étapes du moulage d'un visage à l'alginate	24
Figure 7 : étapes du moulage d'une tête avec des bandes plâtrées.....	25
Figure 8 : ancien procédé de moulage du métal	27
Figure 9 : Bronze (56cm) réalisé selon la technique de cire perdue dont les jets et événements sont restés en place.	28
Figure 10 : Dame de Brassempouy.....	31
Figure 11 : (de gauche à droite) masque plastron de Cratès, masque plastron d'un homme, portrait du Fayoum, masque du Fayoum	33
Figure 12 : moule et moulage découvert à El-Jem	34
Figure 13 : masques grimaçants phéniciens.....	34
Figure 14 : masque d'Henri II (1565)	35
Figure 15 : Bustes Antonio Coppola (1612) Constanza Banarelli (1637).....	35
Figure 16 : Bas-relief en cire de Louis XIV.....	36
Figure 17 : Portrait de Denis Diderot (1771), Portrait de Voltaire (1778), Ecorché (1767)	37
Figure 18 : Gay libération (1980).....	38
Figure 19 : "Femme au caddie" Duane Hanson (1969).....	39
Figure 20 : Transformation de l'acteur Eric Elmosnino en Gainsbourg.....	40
Figure 21 : étapes de réalisation d'une reconstitution de la tête par Elizabeth Daynes et cas d'une reconstitution achevée	45
Figure 22 : images 3D du squelette et du crâne/ une des étapes de la reconstitution/ le visage reconstitué.	46

Figure 23 : Etapes de la reconstitution virtuelle en 3D du visage de la mamie égyptienne du Musée G. Labit	46
Figure 24 : Cire anatomique « les nerfs de la face » Tramond, 19 ^{ème} siècle (musée Delmas, Orfila et Rouvière, Paris)	49
Figure 25 : Cires dermatologiques (collection du Musée de l'hôpital St Louis, Paris).....	50
Figure 26 : Représentations de prothèses nasales et auriculaire réalisées par Ambroise Paré	53
Figure 27 : représentation d'appareil obturateur de fente palatine réalisé par P. Fauchard	54
Figure 28: Gueule cassée avant/après reconstruction chirurgicale puis avec port d'une prothèse oculaire définitive	57
Figure 29 : perte de substance nasale partielle recouverte partiellement	64
Figure 30 : Sans épithèse.....	71
Figure 31 : Préparation du patient	71
Figure 32 : Prise de l'empreinte faciale	71
Figure 33 : Intrados de l'empreinte	72
Figure 34 : coulée de l'empreinte et modèle primaire	72
Figure 35 : réalisation de la maquette en cire	72
Figure 36 : Maquette en cire	73
Figure 37 : Essayage de la maquette	73
Figure 38 : Teinte dans la masse	73
Figure 39 : Confection contre-partie (1).....	74
Figure 40 : Partie et contre-partie du moule	74
Figure 41 : Mise en moule du silicone	74
Figure 42 : Pressoir et mis en étuve	75
Figure 43 : Maquillage de l'épithèse	75
Figure 44 : Sans épithèse.....	76
Figure 45 : Prise de l'empreinte	76
Figure 46 : Réalisation de la maquette	76
Figure 47 : Confection parties du moule / trois parties du moule / mise en place de la silicone	77

Figure 48 : Pressoir et mise à l'étuve.....	77
Figure 49 : épithèse après maquillage.....	78
Figure 50 : Sans épithèse.....	78
Figure 51 : Choix de la teinte de l'iris et prise de mesures	79
Figure 52 : Prise de l'empreinte faciale	79
Figure 53 : Intrados de l'empreinte	80
Figure 54 : Réalisation de la maquette en cire	80
Figure 55 : Partie et contre partie du moule avec coque oculaire.....	81
Figure 56 : Patient sans et avec prothèse oculo-palpébrale.....	82
Figure 57 : Patient sans et avec prothèse oculo-palpébrale.....	82
Figure 58 : Prise d'empreinte optique	89
Figure 59 : Image avant et après intervention chirurgicale et fusion des deux images	91
Figure 60 : modèle prothétique (jaune) réalisé par effet miroir.....	92
Figure 61 : Essayage virtuel d'un modèle de prothèse nasale issu du calcul statistique réalisé à partir de la base de données	92
Figure 62 : Fonctionnement de la stéréolithographie	94
Figure 63 : Fonctionnement du frittage sélectif au laser.....	95
Figure 64 : Fonctionnement de l'impression 3D.....	96
Figure 65 : CFAO d'une prothèse oriculo-palpébrale. 1 : avec défaut apparent, 2 : essayage de la maquette en résine, 3 : port de la prothèse définitive après maquillage	97
Figure 66 : 1 ^{ère} image : moule virtuel en 4 pièces au stade de conception, 2 ^{ème} image : a,b : pièces du moule en résine, c : pièces assemblées, d : prothèse nasale en silicone.....	98
Figure 67 : Réalisation d'une épithèse oculo-palpébrale sur implants 1 : report en miroir de la zone saine sur la zone du défaut, 2 : superposition entre les images osseuses et de surface, 3: guide chirurgical réalisé par FAO après choix des sites implantaires	98

Le moulage en prothèse faciale :
Séquençage du geste et interface homme machine

RESUME EN FRANÇAIS :

La prothèse faciale est une discipline médicale à la croisée entre Science et Art. La fascination perpétuelle de l'Homme pour le visage, reflet de la personnalité et des émotions, l'a amené à le représenter, le reconstituer et le réparer. La réparation du visage mutilé est l'objectif de l'épithèse faciale qui reproduit artificiellement l'organe ou la partie du visage absente au moyen d'une prothèse esthétique et fonctionnelle. Ce type de prothèse est réalisé depuis de nombreuses années selon une méthode traditionnelle artisanale nécessitant la prise d'une empreinte faciale physique et des étapes de laboratoire, méticuleuses, de moulage et modelage de la matière. L'évolution des technologies informatiques ont permis l'apparition d'un nouvel outil : la CAO. Appliquée au domaine de la prothèse faciale, elle se traduit par une prise d'empreinte optique à distance du patient et des étapes de conception et de fabrication prothétique assistées par des logiciels informatiques reliées à des machines de prototypage rapide.

SUMMARY: Evolution of facial molding in maxillo-facial prosthesis

Facial prosthetics, as a medical discipline, is an intersection between art and science. The fascination of the human face, which reflects personality and emotions, has lead people to represent, reconstruct and repair it. A facial prosthesis is an attempt to repair the damage done to a face thanks to artificial means. This kind of prosthesis has been made for several years, according to a traditional craftsmanship that consists of a physical impression and laboratory stages of moulding and shaping. The evolution of computer science has induced a new technology : CAD-CAM. Applied to the field of facial prosthesis, it results in an optical impression away from the patient and stages of computer-aided design prosthetic manufacturing computer-assisted and related to rapid prototyping machines.

Discipline administrative : Chirurgie Dentaire.

Mots-clés : visage, prothèse faciale, épithèse faciale, moulage, empreinte, conception et fabrication assistées par ordinateur, machine-outil, prototypage rapide.

Intitulé et adresse de l'UFR : Université Toulouse III-Paul Sabatier, Faculté de Chirurgie Dentaire, 3 chemin des Maraîchers, 31062 Toulouse Cedex.

Directeur et Co-directeur de thèse : Docteur Rémi ESCLASSAN, Docteur Florent DESTRUHAUT.