

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

[Année de soutenance : 2024]

N°:

THESE POUR LE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 15 mai 2024

Par Katia SERIES

Née le 04/10/1998 à Paris – France

**REALISATION PAR CFAO DE PLAQUES DE MYOSTIMULATION CHEZ L'ENFANT
PORTEUR DE TRISOMIE 21**

JURY

Président : Madame le Professeur Caroline DELFOSSE

Assesseurs : Madame le Docteur Marion DEHURTEVENT

Madame le Docteur Alessandra BLAIZOT

Madame le Docteur Margaux FAUQUEUX

Président de l'Université	:	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	N. RICHARD
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BOITELLE	Responsable du département de Prothèse
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. BEDEZ	Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
C. DENIS	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Prothèses
R. WAKAM KOUAM	Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Table des matières

1. Introduction	7
2. Les nourrissons porteurs de la trisomie 21	9
2.1. Manifestations générales	9
2.2. Manifestations bucco-dentaires	11
2.3. Conséquences buccales des manifestations générales	14
3. Prise en charge de la sphère oro-faciale des nourrissons porteurs de la trisomie 21	16
3.1. Prise en charge multidisciplinaire	16
3.2. Problématique de la plaque de myostimulation pour les nourrissons porteurs de trisomie 21	22
4. Conception et fabrication de plaques de myostimulation pour les nourrissons porteurs de trisomie 21	24
4.1. Utilisation du logiciel Meshmixer® pour la conception des plaques de myostimulation	24
4.2. Fabrication des plaques de myostimulation	27
5. Discussion et perspective	33
6. Conclusion	35
7. Références bibliographiques	36
8. Table des illustrations	38
9. Table des tableaux	40
10. Annexe	41

1. Introduction

La trisomie 21 (Syndrome de Down) est une pathologie génétique due à la présence d'une copie supplémentaire du chromosome 21. Les chromosomes sont des structures contenant les gènes, qui vont déterminer les caractéristiques physiques et mentales d'un être vivant. Ce chromosome supplémentaire a des atteintes physiques et intellectuelles et la sévérité de ces manifestations varie entre les individus. L'atteinte a souvent la forme d'une déficience intellectuelle, d'un retard de développement, de la parole et du langage. Les manifestations physiques sont en majorité un rétrécissement du crâne, un visage aplati, un tonus musculaire amoindri, notamment au niveau des lèvres, de la langue et des muscles de la face.

À travers une échographie et des prises de sang, un dépistage peut être réalisé en début de grossesse, afin d'évaluer la probabilité ou non que le fœtus soit porteur de la maladie. En fonction du résultat obtenu, un diagnostic prénatal est possible par amniocentèse (prélèvement d'un échantillon de liquide amniotique), ou choriocentèse. Cette pathologie est fréquente, 1/700 naissances dans le monde et 1/2000 en France [1,2]. Bien qu'il n'existe aucun remède contre le syndrome de Down, un traitement peut aider à limiter les symptômes et à améliorer la qualité de vie des personnes porteuses de la maladie. Cette prise en charge doit être précoce et multidisciplinaire ; elle implique, entre autres, l'intervention d'un chirurgien-dentiste, d'un orthophoniste, d'un kinésithérapeute et d'un pédiatre. La prise en charge oro-faciale précoce du nourrisson consiste en l'association de la stimulation par massages de cette zone avec la thérapie par plaque palatine de myostimulation.

Ces plaques sont réalisées sur l'arcade maxillaire du patient porteur de trisomie 21, après empreinte optique ou physique. L'empreinte optique ne peut généralement être réalisée qu'aux alentours de 6 mois et l'empreinte physique présente comme risque l'ingestion ou l'inhalation du matériau d'empreinte si le porte-empreinte n'est pas adapté [3]. Les travaux précédents du Dr Dobrenel ont permis de développer des porte-empreintes standardisés, adaptés aux nourrissons de moins de 6 mois et jusqu'à l'éruption des premières dents [4].

Le but de ce travail est d'évaluer la faisabilité de la conception et de la fabrication assistée par ordinateur à l'aide de la technique additive d'une plaque de myostimulation et de mettre en place un protocole de réalisation standardisé permettant ainsi d'améliorer la reproductibilité de ces plaques et de faciliter la prise en charge des patients porteurs de trisomie 21.

2. Les nourrissons porteurs de la trisomie 21

2.1. Manifestations générales

Les enfants porteurs de la trisomie 21 présentent fréquemment une brachycéphalie. Cette malformation crânienne est due à la fusion prématurée des os du crâne. Celui-ci est petit et rond, avec un périmètre moyen inférieur à la norme [5].

Le visage de ces enfants est souvent rond, avec un profil plat. Les fentes palpébrales sont courtes et mongoloïdes, le nez est plat et petit, associé à une hypoplasie osseuse. La langue est souvent grosse et protruse, entraînant généralement une bouche entrouverte. Ces enfants sont fréquemment porteurs de microdontie et leurs oreilles sont également petites. Par ailleurs, 30 à 40 % de ces patients ont un strabisme [6].

L'enfant porteur de trisomie 21 est souvent hyperlaxe. Il peut avoir des malformations cardiaques et digestives, mais également des pathologies thyroïdiennes principalement auto-immunes, telles que l'hypothyroïdie congénitale. Il peut aussi avoir des désordres hématologiques, se traduisant par un déficit immunitaire, un taux plaquettaire diminué, un risque augmenté de leucémie ou d'hépatite B. Ces enfants ont donc une susceptibilité accrue aux infections. Par ailleurs, les conduits auditifs sont étroits, favorisant les otites [6].

Au niveau des membres, les os longs des quatre membres sont plus courts, et les os des mains et des pieds sont petits et élargis. Les doigts, et plus souvent le pouce et le 5^e doigt, sont raccourcis dû à l'absence d'une phalange (brachydactylie) [5].

Les enfants porteurs de la trisomie 21 ont une croissance plus lente et une stature globalement plus petite que la moyenne, due à l'hypotonie et à

l'hyperlaxité ligamentaire (Figure 1) [7]. Ils présentent souvent une faible tonicité musculaire et de ce fait une mobilité réduite.

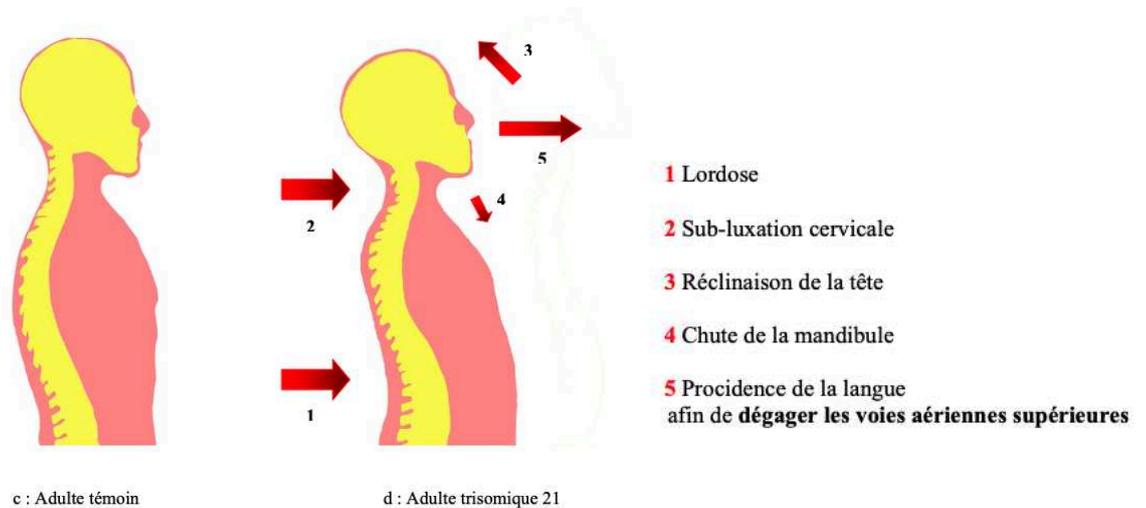


Figure 1 : effet de la faiblesse des muscles dorsaux et cervicaux sur la posture et sur la position des structures buccales¹.

Ces patients présentent également une déficience intellectuelle à l'origine de difficultés à comprendre les signaux sociaux, à établir des relations et à communiquer leurs propres émotions [8]. L'expression des émotions d'un enfant porteur de trisomie 21 est assimilée aux alentours de 4 ans, comparé à un enfant non atteint où celle-ci débute dès les premiers mois de sa vie [9].

2.2. Manifestations bucco-dentaires

De nombreuses manifestations cliniques sont observées dans les zones oro-bucco-dentaires des enfants porteurs de la trisomie 21. Ces manifestations primaires conduisent très généralement à des dysfonctions secondaires.

La langue peu tonique chez ces patients peut donner l'impression d'être anormalement volumineuse. Au repos, celle-ci se loge dans une position antérieure dans la bouche (protrusion linguale), plutôt que dans une position physiologique légèrement haute. La langue protrusive entraîne une pro-alvéolie (vestibulo-version des dents) qui conduit à une béance antérieure (Figure 2). Également, la position antérieure de la langue entraîne un retard de développement du palais qui reste étroit comparé à la mandibule qui est plus développée. Ainsi, la mandibule est plus avancée que le maxillaire et ces enfants présentent fréquemment une classe III squelettique (Figure 3).

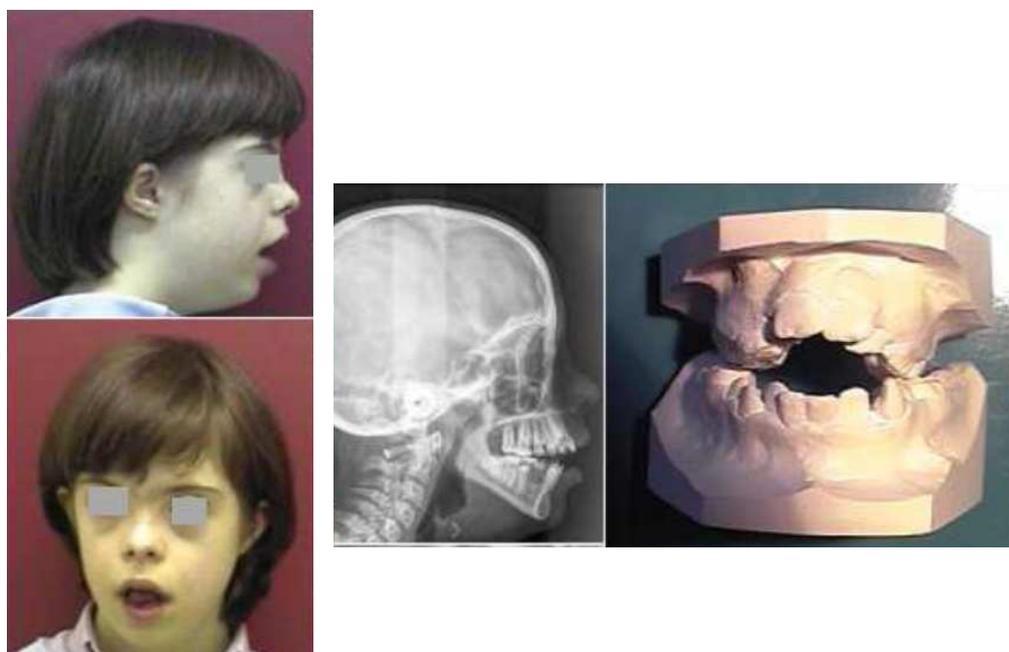


Figure 2 : enfant porteur de trisomie 21 et présentant une béance antérieure ².



Figure 3 : patient porteur de trisomie 21 et présentant une classe squelettique III².

Enfin, l'hypotonie musculaire affecte la langue, les lèvres et les muscles de la face et limite la croissance du tiers moyen de la face. Ceci est à l'origine d'une endognathie maxillaire [5]. De plus, l'hypoplasie des sinus et des os de la face conduit également à un palais plus profond, plus étroit et de taille plus petite que la population générale. Les dents présentent ainsi fréquemment des anomalies de nombre, de structure, d'éruption, mais aussi de position (Figure 4) [5].



Figure 4 : retard d'éruption dentaire, malpositions dentaires, microdontie, hypoplasie de l'émail et oligodontie d'un enfant porteur de la trisomie 21².

L'ensemble de ces caractéristiques peuvent entraîner l'apparition de dysfonctions telles que [7] :

- Une perturbation de la ventilation qui devient au repos orale ou oro-nasale. Elle est ainsi qualifiée de pathologique. Celle-ci est due à l'hypo-développement du maxillaire, à une langue volumineuse et hypotonique, à une étroitesse du méat nasal et est accentuée par l'hypertrophie des végétations.
- Une perturbation de la mastication, due à l'hypotonicité des muscles de la mastication, de la langue et des lèvres. Elle débute dès la plus jeune enfance, au niveau de la tétée du sein ou du biberon qui est difficile et peu efficace.
- Une perturbation de la déglutition, due à l'hypotonicité des muscles et au mauvais positionnement de la langue. Le déplacement du bol alimentaire de la pointe de la langue à l'œsophage est réalisé par des mouvements antéro-postérieurs de la langue, qui vient glisser le bol contre le palais. Il est ainsi plus fréquent de retrouver des fausses routes.
- Une perturbation de la phonation.

De plus, les complications immunologiques dont souffrent les patients porteurs de la trisomie 21 peuvent conduire au niveau bucco-dentaire à des maladies parodontales précoces, aggravées par une alimentation liquide, des malpositions dentaires et une hygiène bucco-dentaire insuffisante. Ces patients sont également plus susceptibles de développer des lésions de muqueuses telles que des perlèches ou des aphtes (Figure 5) [10].



Figure 5 : sécheresse labiale, fissures et perlèches².

2.3. Conséquences buccales des manifestations générales

De nombreuses perturbations générales des patients porteurs de la trisomie 21 ont des répercussions sur la sphère oro-faciale. La majorité des répercussions buccales suite à des manifestations générales sont retrouvées dans le tableau ci-dessous (Tableau 1) [6].

Tableau 1 : perturbations générales et conséquences bucco-dentaires ³.

Perturbations générales et conséquences bucco-dentaires		
Systèmes concernés	Conditions observées	Conséquences sur la santé buccale ou les soins bucco-dentaires
Cardiovasculaire	Anomalies des septae ventriculaires Communication Auriculo-ventriculaire Persistance du canal atrio-ventriculaire Prolapsus mitral	Risque d'endocardite pour tout acte saignant
Hématopoïétique	Déficit immunitaire Taux plaquettaire diminué Risque accru de leucémie Risque accru d'hépatite B si vie en institution	Développement des foyers infectieux, ORL, d'origine parodontale ou dentaire. Respiration buccale cofacteur d'un hypodéveloppement du palais
Nerveux	Retards d'acquisition des fonctions motrices, coordination perturbée. Risque de démence sénile identique à la maladie d'Alzheimer. Langage : retard d'acquisition de l'expression langagière, phonation qualitativement altérée du fait des déséquilibres neuro-musculaires.	Persistance du réflexe nauséux Stratégie de succion déglutition persistante. Micro fausses routes et ingestion d'air au cours des repas. Hygiène personnelle inefficace Retard ou inadéquation dans l'expression de la douleur
Digestif	Fistule trachéo-oesophagienne, Sténose du pylore Reflux gastrique	Erosion dentaire
Endocrinien	Hypothyroïdie	Trouble de croissance crânio-faciale Trouble de l'éruption dentaire
Musculaire	Hypotonie	Position basse et protrusive de la langue Hypotonie labiale Ouverture buccale
Comportement	2 situations possibles : Spontanéité, patience, gentillesse, tolérance, cordialité, docilité. Anxiété et insubordination	Prise en charge personnalisée nécessaire

3. Prise en charge de la sphère oro-faciale des nourrissons porteurs de la trisomie 21

3.1. Prise en charge multidisciplinaire

La prise en charge pluridisciplinaire débute vers 3 mois, avant l'éruption des premières dents afin de limiter l'apparition des dysfonctions. Un suivi bucco-dentaire régulier doit par la suite être adopté [7].

3.1.1. Orthophoniste

Le langage verbal, mais aussi le langage écrit, sont plus souvent difficiles à maîtriser pour les patients porteurs de la trisomie 21 [11]. L'intervention d'un orthophoniste en association à la mise en place d'une plaque de myostimulation a un effet positif sur la motricité buccale et la parole [12]. Ainsi, l'orthophoniste recommande la réalisation de massages et la stimulation de la sphère oro-faciale.

Cette intervention doit débiter précocement, avant même le début du développement du langage (soit avant l'âge de 6 mois) et va conditionner les étapes successives du développement [13]. Ces massages sont réalisés en deux temps, d'abord un massage extra-oral (Figure 6), puis intra-oral (Figure 7).

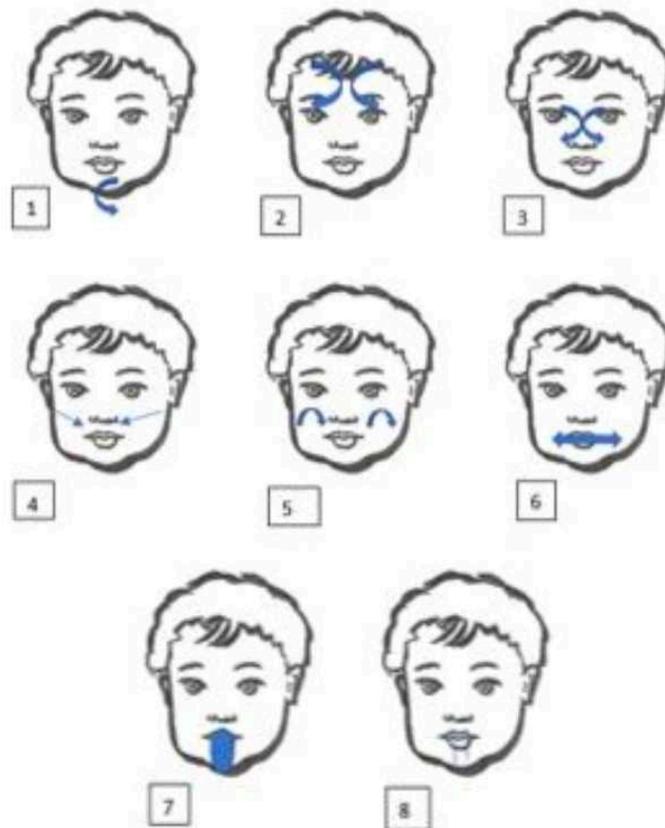


Figure 6 : massages extra-oraux : (1) sous le menton : de l'avant vers l'arrière ; (2) le front : de haut en bas, du centre vers l'extérieur ; (3) le nez : de haut en bas, de chaque côté, avec les index ; (4) les joues : de l'extérieur vers le centre ; (5) les joues : des mouvements circulaires avec une pression douce ; (6) les lèvres : du milieu vers l'extérieur ; (7) les lèvres et le menton : faire pression puis relâcher ; (8) la bouche : faire pression avec deux doigts puis relâcher (selon l'Institut Lejeune⁴).

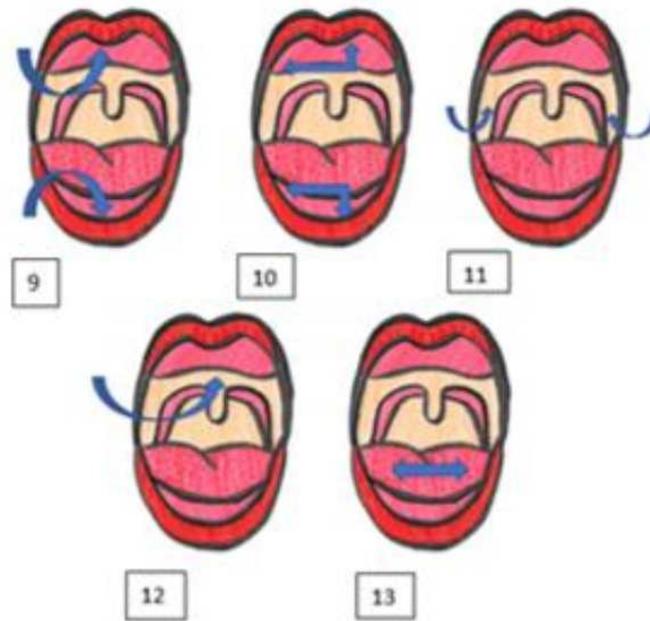


Figure 7 : massages intra-oraux : (9) l'intérieur des lèvres, (10) les gencives, (11) l'intérieur des joues, (12) le palais, (13) la langue (selon l'Institut Lejeune⁴).

3.1.2. Chirurgien-dentiste

L'enfant de 3-4 mois est le plus souvent non denté. Le brossage des gencives par les parents puis des dents doit être mis en place à cette période. De plus, une interception fonctionnelle à l'aide d'une plaque de myostimulation permet d'amener le plus possible la langue à être dans une position correcte [14].

La chronologie d'éruption, la taille et la forme des dents temporaires doivent être surveillées par le chirurgien-dentiste. En effet, cette chronologie chez le patient atteint de trisomie 21 est souvent retardée. Suite aux éruptions, le port de la plaque peut être prolongé, mais il est plus complexe à mettre en œuvre et nécessite des rebasages et des ajustages fréquents. Les conseils concernant l'hygiène bucco-dentaire (brosse à dent, apport fluoré nécessaire) et l'alimentation doivent être prodigués. Une surveillance et des contrôles réguliers doivent également être instaurés.

3.1.3. Plaque de myostimulation

La plaque de myostimulation doit être portée au maxillaire dès les premiers mois de la vie de l'enfant et avant l'éruption des premières dents temporaires. L'objectif de cette plaque est de réduire les dysfonctions linguales et de favoriser la position haute de la langue et l'occlusion labiale (Figure 11). Elle permet également de prévenir l'apparition d'une pathologie oro-faciale secondaire associée à un dysfonctionnement de la langue. Elle est composée de polyméthyle de méthacrylate (PMMA). Le nombre et la forme des activateurs varient selon les besoins de l'enfant [13].

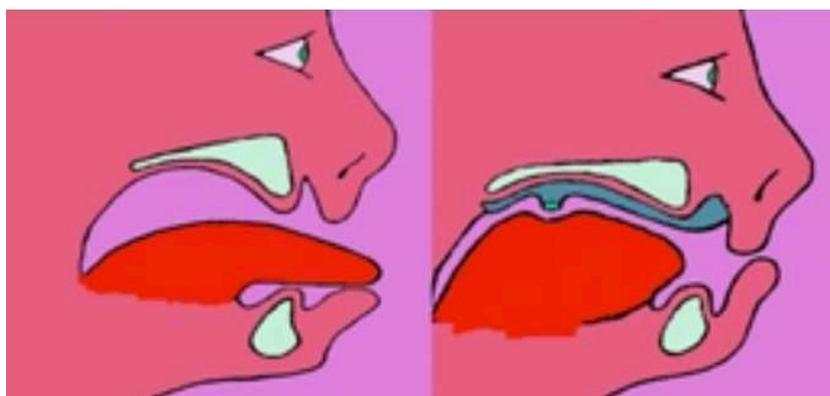


Figure 8 : schéma représentant le repositionnement de la langue avec et sans plaque de myostimulation².

Cette thérapie a été décrite par un neuropédiatre argentin, Castillo-Morales. Elle est réalisée par la prise d'une empreinte optique intra-buccale, ou par une empreinte physique de l'arcade maxillaire, souvent à l'aide d'un hydrocolloïde irréversible (alginate). Il est plus rare d'utiliser la cire thermoplastique ou des silicones [15].

Elle est portée 2 à 3 fois par jour, pendant 5 à 10 minutes, avec une surveillance des parents. La plaque ne doit pas être portée en continue afin que

l'enfant ne s'y habitue pas et doit être nettoyée quotidiennement. Si l'enfant s'accoutume, la forme de la plaque doit être changée. Des rendez-vous réguliers (5-6 semaines) de contrôle doivent être instaurés pour vérifier la bonne adaptation de la plaque en lien avec la croissance de l'enfant.

Parmi les différents activateurs, la perle de Tucacat permet de stimuler la pointe de la langue et le « cratère » palatin permet de stimuler le dos de la langue. Les « picots » permettent quant à eux de bloquer la langue. Par ailleurs, la position de l'activateur a une influence sur la dysfonction impliquée ; les postérieurs permettent une rétrusion de la langue, les antérieurs et latéraux ont pour but d'entraîner la langue à se mettre en position fonctionnelle. Les activateurs vestibulaires permettent de stimuler les muscles de la lèvre. Les irrégularités de la plaque amènent l'enfant à venir les rechercher, activant ainsi sa langue et les muscles orbiculaires des lèvres.

Différentes plaques sont proposées en fonction de l'âge du patient. La première plaque est réalisée vers l'âge de 3 mois et est, le plus souvent, composée d'une plaque palatine, de quatre perles striées en résine permettant la stimulation des lèvres, et d'un « cratère » placé au milieu du palais permettant la stimulation de la langue (Figure 9) [13]. La deuxième plaque est réalisée vers l'âge de 6 mois et comporte le plus souvent des perles placées sur un arc métallique, permettant de stimuler les lèvres. Les boucles latérales de l'arc permettent d'ajuster sa position plus ou moins en avant. Une perle palatine est également placée sur un arc métallique pour stimuler la langue (Figure 10) [13]. Finalement, la troisième plaque (Figure 11) est souvent réalisée vers l'âge de 9 mois et possède, comme pour la première, quatre perles striées en résine et un « cratère » palatin (plus antérieur que le précédent), mais également des picots positionnés tout autour, afin de stimuler davantage la langue [13].

Les rebasages sont principalement réalisés à l'aide de résine acrylique (Viscogel® (Dentsply DetreyTM), Vertex Soft® (Vertex DentalTM)) [13].

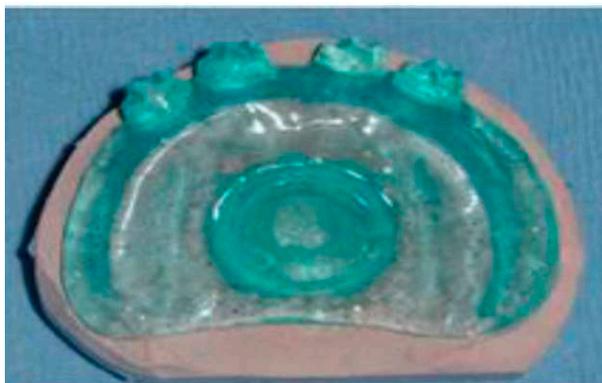


Figure 9 : plaque palatine avec quatre perles striées et un cratère palatin⁵.

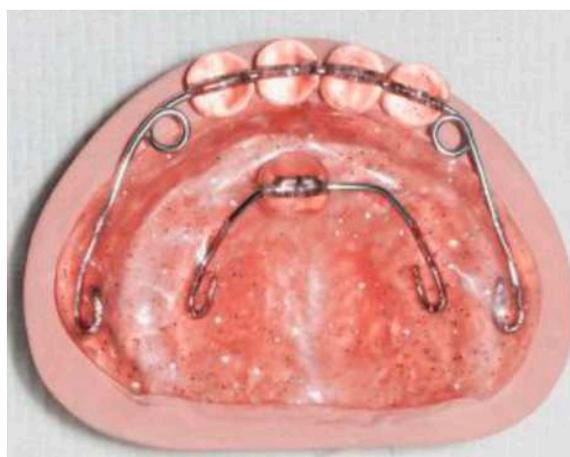


Figure 10 : plaque palatine avec quatre perles lisses antérieures et une perle centrale⁵.



Figure 11 : plaque palatine avec quatre perles striées, un cratère palatin, et des picots⁵.

3.2. Problématique de la plaque de myostimulation pour les enfants porteurs de trisomie 21

3.2.1. Enregistrement des surfaces d'appui

La prise en charge doit débiter au plus tôt après la naissance. Toutefois, lors de la réalisation de cette plaque de myostimulation, l'empreinte conventionnelle peut entraîner un risque d'ingestion ou d'inhalation de résidus d'alginate [3].

À contrario, la numérisation intra-orale suivie d'un flux de travail numérique peut considérablement faciliter le traitement. Les empreintes intra-orales numériques constituent une alternative assez sûre et cliniquement reproductible aux empreintes conventionnelles, notamment pour les nourrissons présentant des anomalies cranio-faciales [16]. Cependant, certaines caméras optiques nécessitent un poudrage homogène préalable des muqueuses pour les patients édentés afin d'assurer un contraste élevé. De plus, l'empreinte optique ne peut être réalisée qu'à partir du moment où le nourrisson a une ouverture buccale assez importante permettant le passage de la caméra et l'obtention d'une distance focale minimale suffisante (distance entre l'embout de la caméra et la surface à enregistrer). En effet, les caméras n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques (taille, poids, forme, prise en main, taille de la tête, distance focale). Une tête large permet un champ d'acquisition plus large, mais rend l'accès difficile aux zones postérieures [17].

3.2.2. Protocole de réalisation opérateur dépendant

Le protocole de réalisation des plaques de myostimulation chez un nourrisson porteur de la trisomie 21 nécessite une collaboration étroite entre les professionnels de santé (praticien, prothésiste, médecins) et les parents. Les protocoles non standardisés sont à l'origine de possibles erreurs opérateur dépendant comme la réalisation des plaques avec des perles du commerce, volumineuses et non adaptées à l'âge du patient ou encore la prise d'empreintes avec des porte-empreintes non adaptés.

4. Conception et fabrication de plaques de myostimulation pour les nourrissons porteurs de trisomie 21

4.1. Utilisation du logiciel Meshmixer® pour la conception des plaques de myostimulation

La conception des plaques de myostimulation nécessite dans un premier temps de concevoir la plaque, puis d'y ajouter les différents activateurs. Les principales étapes de conception des différentes plaques conçues à l'aide du logiciel open source Meshmixer® sont citées ci-dessous. Les étapes détaillées sont en annexe (Annexe 1, 2, 3, 4).

- 1^{ere} étape : conception assistée par ordinateur (CAO) des plaques (Figure 12) (Annexe 1).

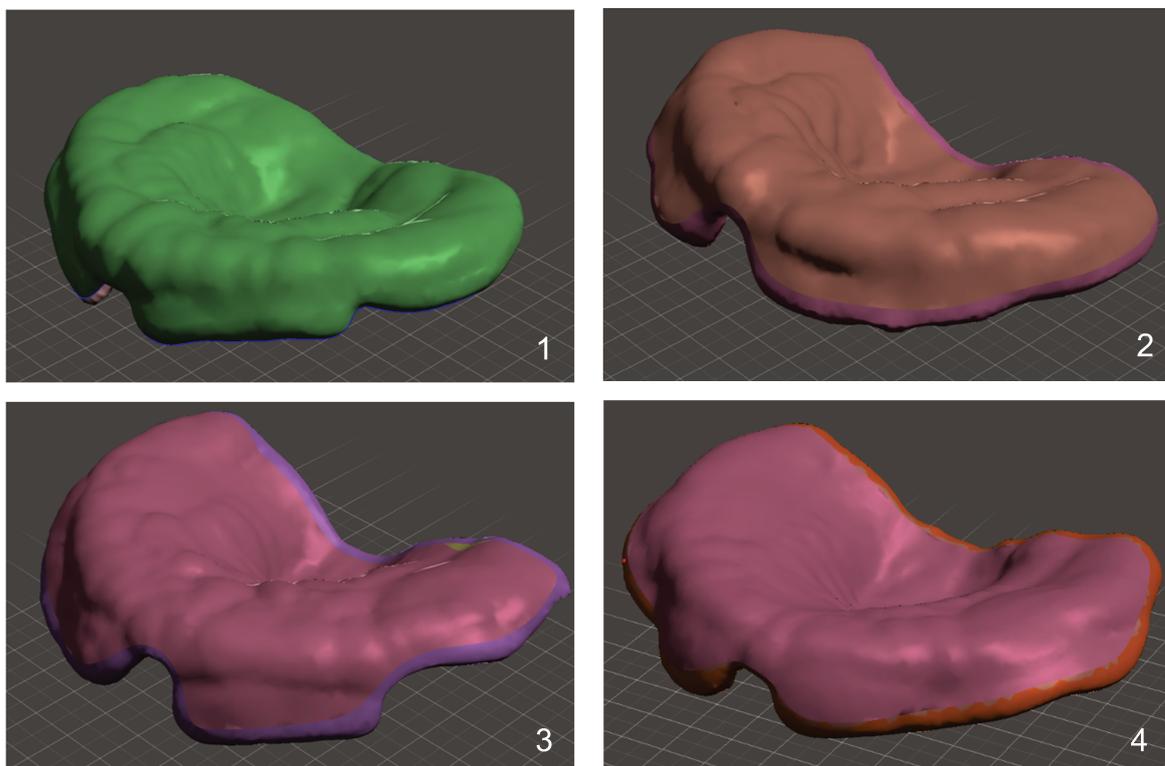


Figure 12 : conception des plaques 1, 2, 3, 4 (illustration personnelle)

- 2^e étape : CAO des activateurs extérieurs aux plaques (Figure 13)
(Annexe 2/3)

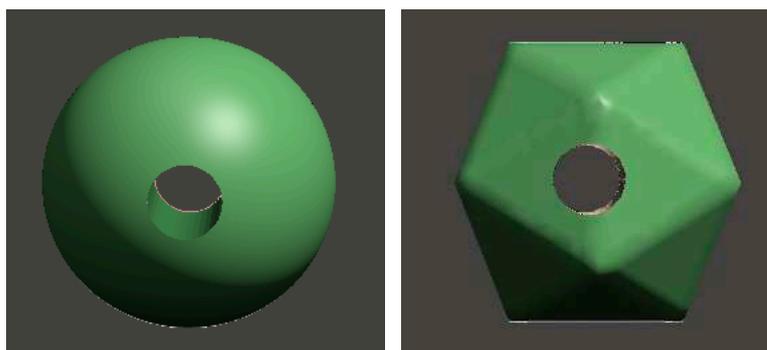


Figure 13 : conception des activateurs extérieurs (1), des perles lisses et (2) rugueuses (illustration personnelle)

- 3^e étape : CAO des activateurs présents sur l'extrados des plaques
(Figure 14, 15, 16, 17) (Annexe 4).

Les quatre plaques présentées ci-dessous ont été conçues et fabriquées à partir de quatre scans de modèles d'enfants porteurs de la trisomie 21 et sélectionnés par le Dr Dobrenel pour la réalisation des porte-empreintes [4].

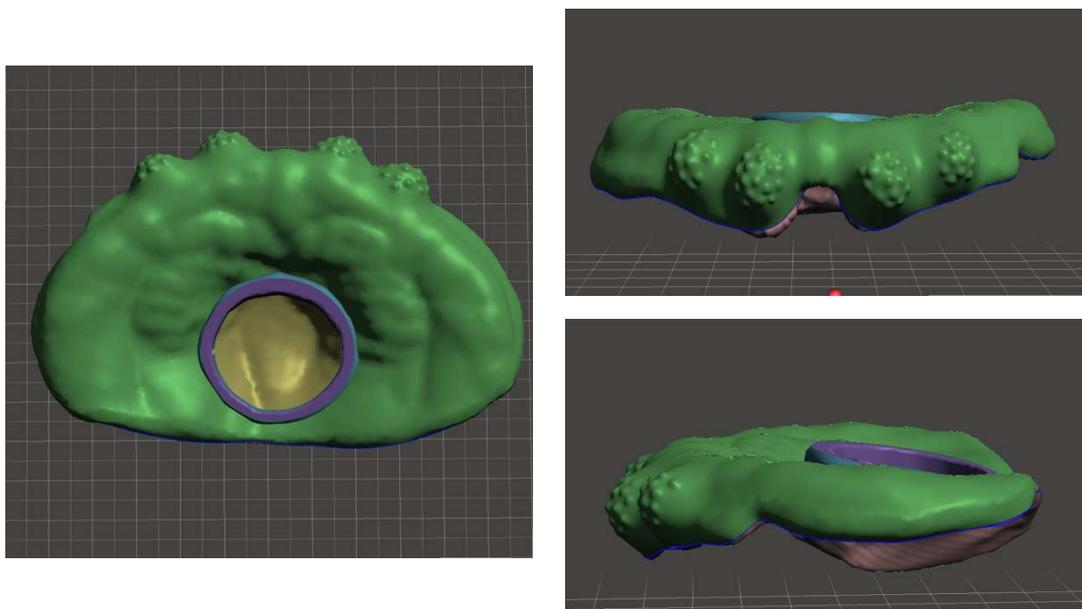


Figure 14 : conception de la première plaque avec activateurs (illustration personnelle).

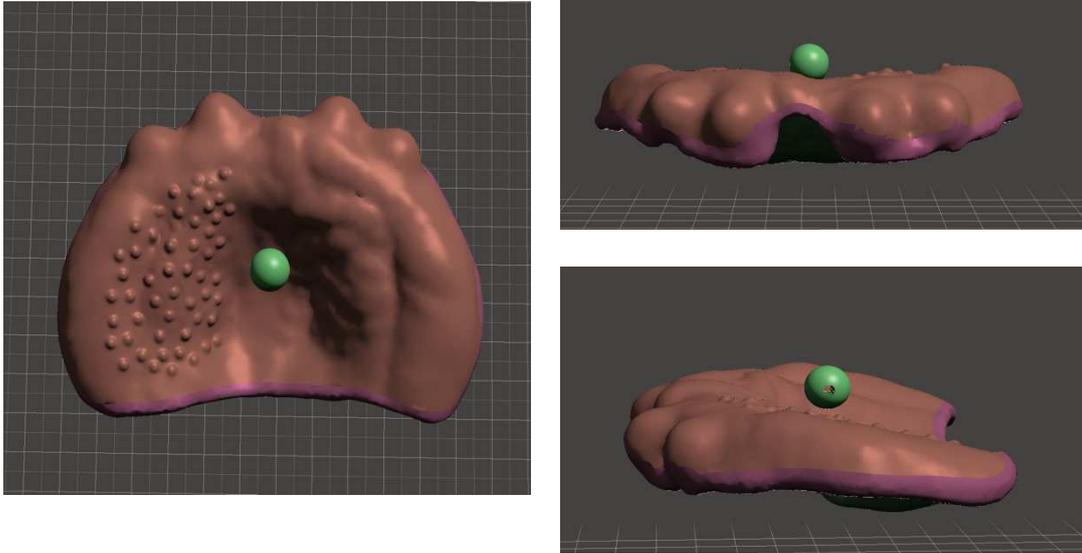


Figure 15 : conception de la deuxième plaque avec activateurs (illustration personnelle).

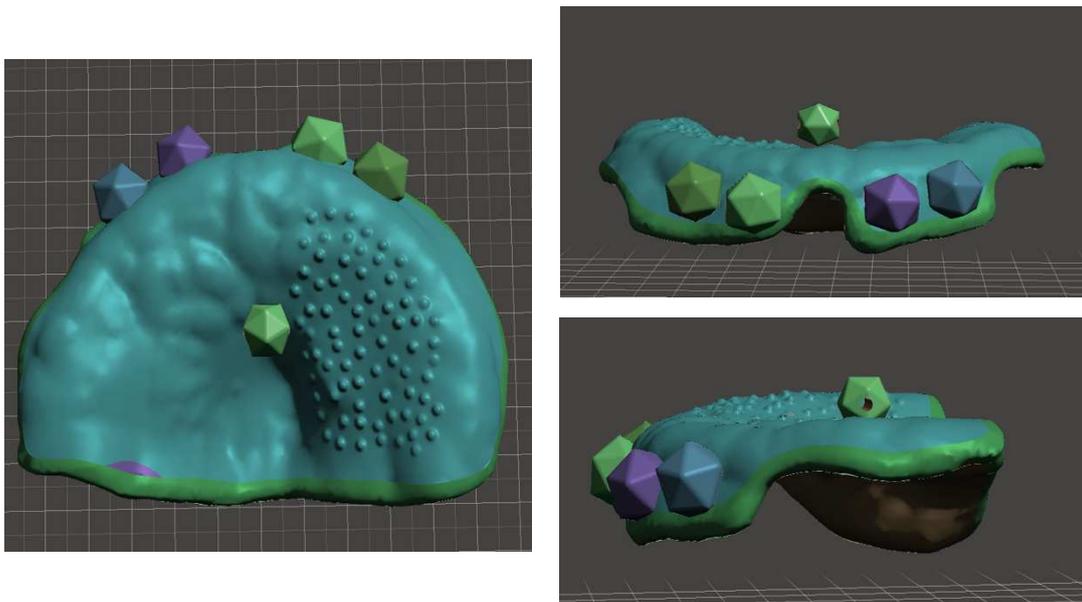


Figure 16 : conception de la troisième plaque avec activateurs (illustration personnelle).

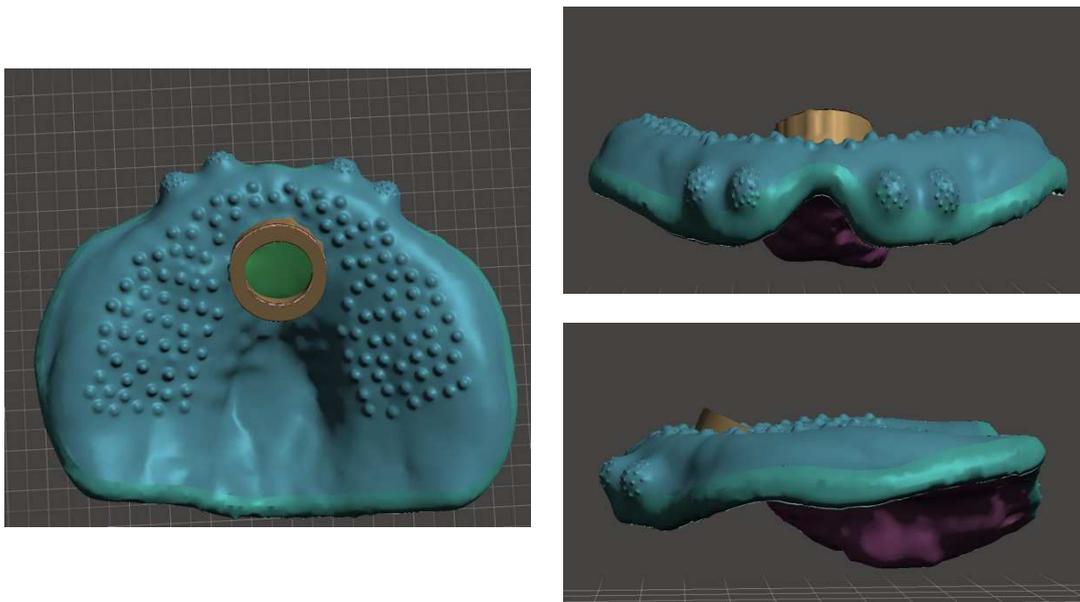


Figure 17 : conception de la quatrième plaque avec activateurs (illustration personnelle).

4.2. Fabrication des plaques de myostimulation

La fabrication assistée par ordinateur (FAO) permet de mettre en forme un modèle numérique en format .stl. Il existe deux types :

- La technique additive repose sur le principe de l'ajout de couches successives jusqu'à la création de l'objet final. Elle est précise, reproductible, et limite la perte de matériaux. Parmi les différents procédés additifs, la stéréolithographie (SLA) permet la fabrication d'un objet sur un support dans un bain de résine photosensible, photopolymérisé couche par couche par un laser UV (Figure 18).
- La technique soustractive consiste en l'usinage de blocs. Cette dernière est précise, reproductible, mais entraîne une perte de matériau importante.

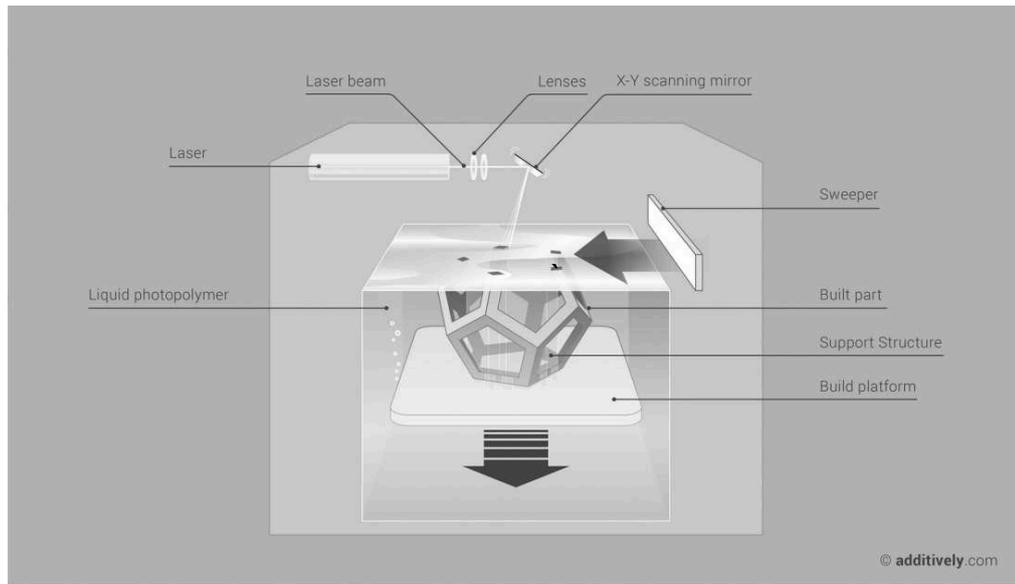


Figure 18 : fonctionnement de la stéréolithographie (SLA)⁶.

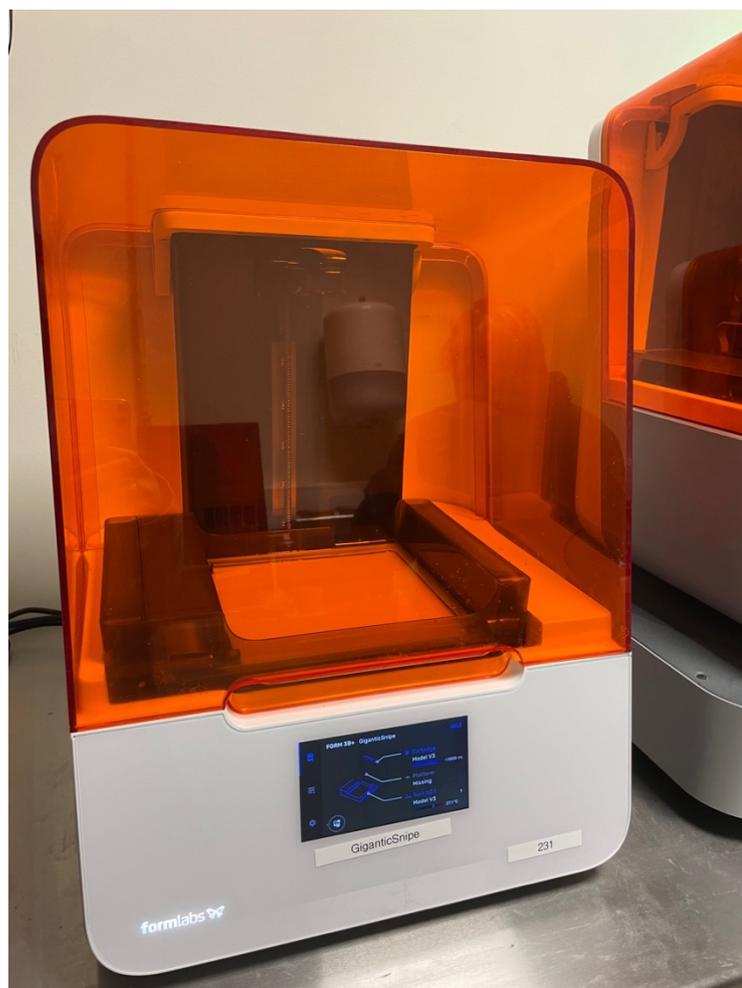


Figure 19 : imprimante 3D FormLabs 3b[®] (illustration personnelle).

Les plaques conçues et enregistrées au format .stl, sont chargées dans le logiciel Preform® (FormLabs®). Les plaques ont été imprimées à l'aide de l'appareil Forms 3B+® (FormLabs®) en Dental LT Clear V4, résine biocompatible et les modèles en Model V3 (Figure 20). Les supports nécessaires pour assurer une fiabilité de mise en forme ont été positionnés avant l'impression (Figure 22).

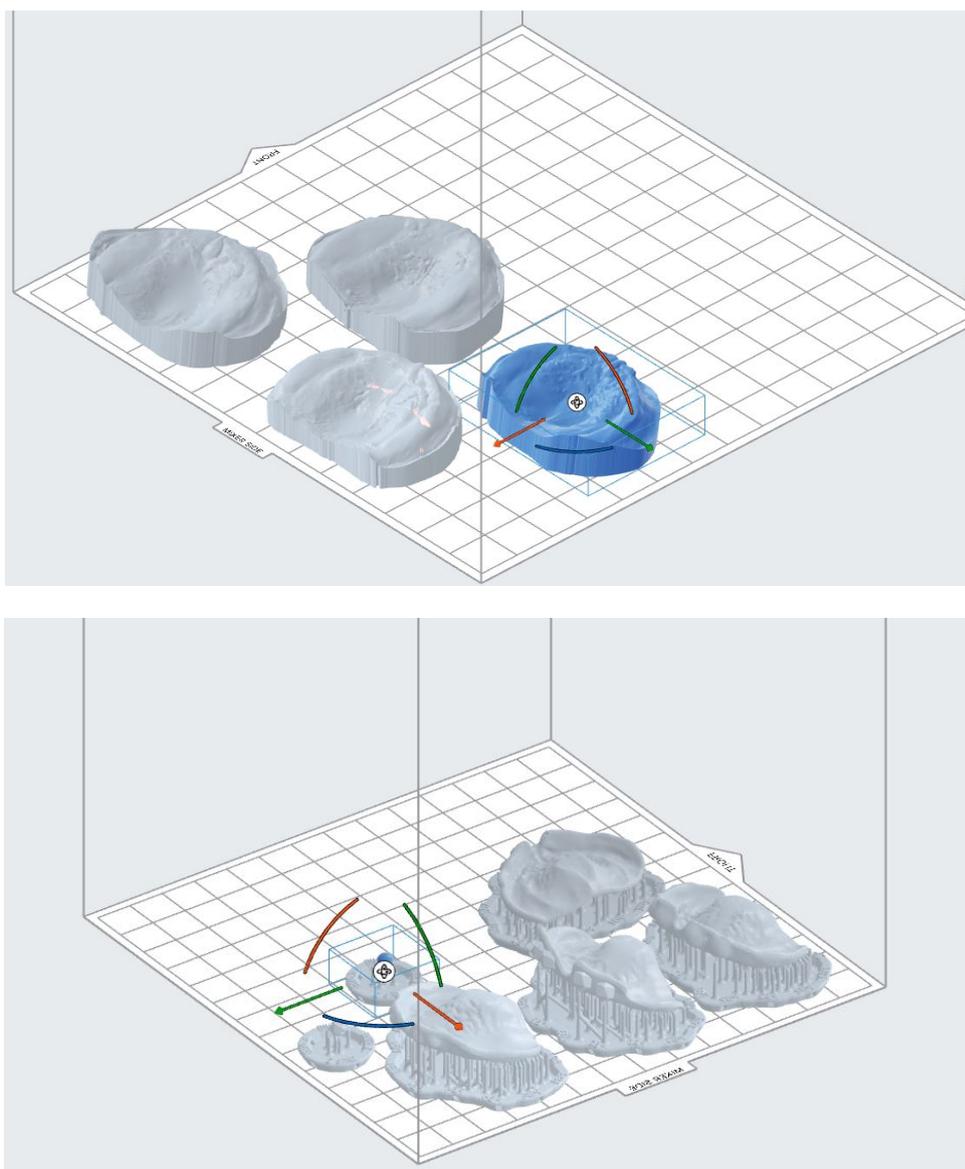


Figure 20 : mise en place des plaques de myostimulation et des modèles sur le logiciel Preform®, avec les supports nécessaires (illustration personnelle).



Figure 21 : vue des plaques de myostimulation et des perles sur le plateau de la Forms 3B+ ®(illustration personnelle).



Figure 22 : vue des supports (illustration personnelle).

Les modèles ont été trempés dans un bain agité d'alcool isopropylique pour les nettoyer, environ 12 minutes pour les modèles et 15 minutes pour les plaques et les perles (FormWash®, FormLabs®) (Figure 23).

Enfin, un post traitement des pièces a été réalisé par photopolymérisation dans un four UV, 3 minutes pour les modèles et 6 minutes pour les plaques et les perles (Fast Cure®, FormLabs®) (Figure 24).



Figure 23 : vue des modèles avant insertion dans le bac d'alcool isopropylique (illustration personnelle).



Figure 24 : vue des modèles dans le four à photopolymériser (illustration personnelle).

Les supports ont ensuite été retirés et la plaque polie afin d'éliminer les risques de blessures (Figures 25 et 26). Un fil d'acier de 1 mm de diamètre a été façonné à la main et positionné pour fixer la perle centrale dans les modèles 2 et 3. L'inclusion du fil a été réalisée avec de la Clear V4 puis photopolymérisé à l'aide d'une lampe UV sans fil Valo - Ultradent®.



Figure 25 : vue occlusale des plaques et des modèles (illustration personnelle).



Figure 26 : vue antérieure des plaques et des modèles (illustration personnelle).

5. Discussion et perspective

L'association de la thérapie par plaques palatines avec la stimulation par massages a des effets durables sur le développement oro-facial de l'enfant atteint de trisomie 21 [14]. Les résultats les plus prometteurs semblent être obtenus chez les enfants présentant les dysfonctions les plus marquées au départ et avec une prise en charge dès la petite enfance (à partir de 2 mois) [13].

Le but de cette thèse était d'évaluer la faisabilité de la conception et de la fabrication assistée par ordinateur d'une plaque de myostimulation et de mettre en place un protocole de réalisation standardisé afin d'éliminer au maximum l'effet opérateur dépendant et donc d'améliorer la prise en charge des patients porteurs de trisomie 21.

Afin de simplifier et de standardiser la réalisation des plaques, voici un QR code des fichiers .stl des perles lisses et des perles rugueuses, pouvant ainsi être réutilisées (Figure 27).



Figure 27 : QR code

Lors de la réalisation de ce travail, l'adjonction des perles individualisées a été difficile et a nécessité une étape manuelle supplémentaire. Il a également été nécessaire d'agrandir la taille des picots au niveau du palais, qui n'étaient pas assez proéminents lors de la première impression. De plus, la technique additive nécessite la pose de nombreux supports sur l'objet afin d'assurer sa stabilité lors de sa fabrication. L'étape de polissage afin d'éliminer l'aspect rugueux de ce dernier doit être minutieuse pour ne pas éliminer les activateurs.

6. Conclusion

Les personnes porteuses de trisomie 21 sont particulièrement sujettes aux dysfonctions oro-faciales. Les perturbations générales de ces patients peuvent prédisposer aux maladies bucco-dentaires et inversement, les maladies bucco-dentaires peuvent aggraver la maladie systémique. Il est donc essentiel pour ces patients d'être suivis régulièrement par une équipe spécialisée pour soigner, mais également pour prévenir au mieux toute pathologie.

La conception et la fabrication de la plaque de myostimulation nécessitent l'utilisation d'activateurs dans des positions et des formes précises. À travers ce travail, nous avons pu concevoir un protocole de réalisation standardisé des plaques palatines pour les patients porteurs de trisomie 21 à partir de 3 mois et jusqu'à l'éruption des dents temporaires.

7. Références bibliographiques

- [1] Papavassiliou P, Charalsawadi C, Rafferty K, Jackson-Cook C. Mosaicism for trisomy 21: A review. *The American Journal of Medical Genetics*. 2015;167(1):26–39
- [2] de Lyon C, de Saint-Etienne C. Protocole National de Diagnostic et de Soins (PNDS) Trisomie 21. 2020;1-191
- [3] Xepapadeas AB, Weise C, Frank K, Spintzyk S, Poets CF, Wiechers C, et al. Technical note on introducing a digital workflow for newborns with craniofacial anomalies based on intraoral scans - part I: 3D printed and milled palatal stimulation plate for trisomy 21. *BMC Oral Health*. 2020; 20(1):20-27.
- [4] Dobrenel et al. Development of impression trays for treating infants with trisomy 21 before their deciduous teeth erupt. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2023.
- [5] Roizen NJ, Patterson D. Down's syndrome. *The Lancet*. 2003;361(9365):1281–9.
- [6] Sixou JL. Aspects bucco-dentaires de la trisomie 21 chez l'enfant. *Archives de Pédiatrie*. 2008;15(5):852–4.
- [7] Hennequin M, Faulks D, Veyrune J-L, Bourdiol P. Significance of oral health in persons with Down syndrome: a literature review. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1999; 41(4):275–83.
- [8] P. Büchel F, J.L. Paour. Déficience intellectuelle : déficits et remédiation cognitive. *Enfance*. 2005;57:227–40.
- [9] Zabalía M, Corfec S. Reconnaissance des émotions et évaluation de la douleur chez des enfants et adolescents porteurs de Trisomie 21. *Enfance*. 2008;60:357–69.
- [10] Areias C, Sampaio-Maia B, Macho V, Norton A, Macedo P, De Andrade DC. Oral Health in Down Syndrome. In: Dey S, editor. *Health Problems in Down Syndrome*, InTech; 2015. p46-62.
- [11] Van Bysterveldt AK. Integrated speech and phonological awareness intervention for pre-school children with Down syndrome. *International Journal of Language & Communication Disorders*. 2010;45(3):320–35.
- [12] Bäckman B, Grevér-Sjölander A-C, Bengtsson K, Persson J, Johansson I. Children with Down syndrome: oral development and morphology after use of palatal plates between 6 and 48 months of age. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2007;17(1):19–28.
- [13] J.-L. Sixou, N. Vernusset, A. Daigneau, D. Watine, L. Marin. Orofacial therapy in infants with Down syndrome. *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics*. 2018;20(1):108-128.
- [14] Korbmacher H, Limbrock J, Kahl-Nieke B. Long-term evaluation of orofacial function in children with Down syndrome after treatment with a stimulating plate according to Castillo Morales. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2006;30(4):325–8.
- [15] Kalaskar R, Bhaje P, Balasubramanian S, Kalaskar A. Effectiveness of the novel impression tray "cleftray" for infants with cleft lip and palate: a randomized controlled clinical trial. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial*

Surgeon. 2021;47:82-90.

[16] Javed F, Akram Z, Barillas AP, Kellesarian SV, Ahmed HB, Khan J, et al. Outcome of orthodontic palatal plate therapy for orofacial dysfunction in children with Down syndrome: A systematic review. *Orthodontic and Craniofacial Research*. 2018;21(1):20–6.

[17] Cazier S, Moussaly C. Descriptif des différents systèmes d’empreinte optique. *Revue d’Odonto-Stomatologie* 2013;42:107–18.

Références bibliographiques des illustrations :

¹: Hennequin M, Faulks D, Veyrune J-L, Bourdiol P. Significance of oral health in persons with Down syndrome: a literature review. *Developmental medicine and Child Neurology*. 1999; 41(4):275–83.

²: Areias C, Sampaio-Maia B, Macho V, Norton A, Macedo P, De Andrade DC. Oral Health in Down Syndrome. In: Dey S, editor. *Health Problems in Down Syndrome*, InTech; 2015. p46-62.

³: Sixou JL. Aspects bucco-dentaires de la trisomie 21 chez l’enfant. *Archives de Pédiatrie*. 2008;15(5):852–4.

⁴: Institutlejeune.org. Institut Jérôme Lejeune [En ligne]. Disponible sur : <https://www.institutlejeune.org/video/insert-name/> [consulté le 13 février 2024].

⁵ : J.-L. Sixou, N. Vernusset, A. Daigneau, D. Watine, L. Marin. Orofacial therapy in infants with Down syndrome. *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics*. 2018;20(1):108-128.

⁶: Revilla-Leòne M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential applications in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28:146-58.

8. Table des illustrations

Figure 1 : effet de la faiblesse des muscles dorsaux et cervicaux sur la posture et sur la position des structures buccales ¹.

Figure 2 : enfant porteur de trisomie 21 et présentant une béance antérieure ².

Figure 3 : patient porteur de la trisomie 21 et présentant une classe squelettique III ².

Figure 4 : retard d'éruption dentaire, malpositions dentaires, microdontie, hypoplasie de l'émail et oligodontie d'un enfant porteur de la trisomie 21².

Figure 5 : sécheresse labiale, fissures et perlèches².

Figure 6 : massages extra-oraux selon l'Institut Lejeune (illustration du Dr Dobrenel).

Figure 7 : massages intra-oraux selon l'Institut Lejeune (illustration du Dr Dobrenel).

Figure 8 : schéma représentant le repositionnement de la langue avec et sans plaque de myostimulation².

Figure 9 : plaque palatine avec quatre perles striées et un cratère palatin⁵.

Figure 10 : plaque palatine avec quatre perles lisses antérieures et une perle centrale⁵.

Figure 11 : plaque palatine avec quatre perles striées, un cratère palatin, et des picots⁵.

Figure 12 : conception des plaques 1, 2, 3, 4 (illustration personnelle).

Figure 13 : conception des activateurs extérieurs (1), des perles lisses et (2) rugueuses (illustration personnelle).

Figure 14 : conception de la première plaque avec activateurs (illustration personnelle).

Figure 15 : conception de la deuxième plaque avec activateurs (illustration personnelle).

Figure 16 : conception de la troisième plaque avec activateurs (illustration personnelle).

Figure 17 : conception de la quatrième plaque avec activateurs (illustration personnelle).

Figure 18 : fonctionnement de la stéréolithographie (SLA)⁶.

Figure 19 : imprimante 3D FormLabs 3b[®] (illustration personnelle).

Figure 20 : mise en place des plaques de myostimulation et des modèles sur le logiciel Preform[®], avec les supports nécessaires (illustration personnelle).

Figure 21 : vue des plaques de myostimulation et des perles sur le plateau de la Forms 3B+ [®](illustration personnelle).

Figure 22 : vue des supports (illustration personnelle).

Figure 23 : vue des modèles avant insertion dans le bac d'alcool isopropylique (illustration personnelle).

Figure 24 : vue des modèles dans le four à photopolymériser (illustration personnelle).

Figure 25 : vue occlusale des plaques et des modèles (illustration personnelle).

Figure 26 : vue antérieure des plaques et des modèles (illustration personnelle).

Figure 27 : QR code.

9. Table des tableaux

Tableau 1 : Perturbations générales et conséquences bucco-dentaires ³.

10. Annexe : tutoriel de conception des plaques de myostimulation

10.1. Annexe 1 : conception des plaques

1^{ère} étape : délimiter la future plaque : « Select » ; « lasso » (Figure 1).

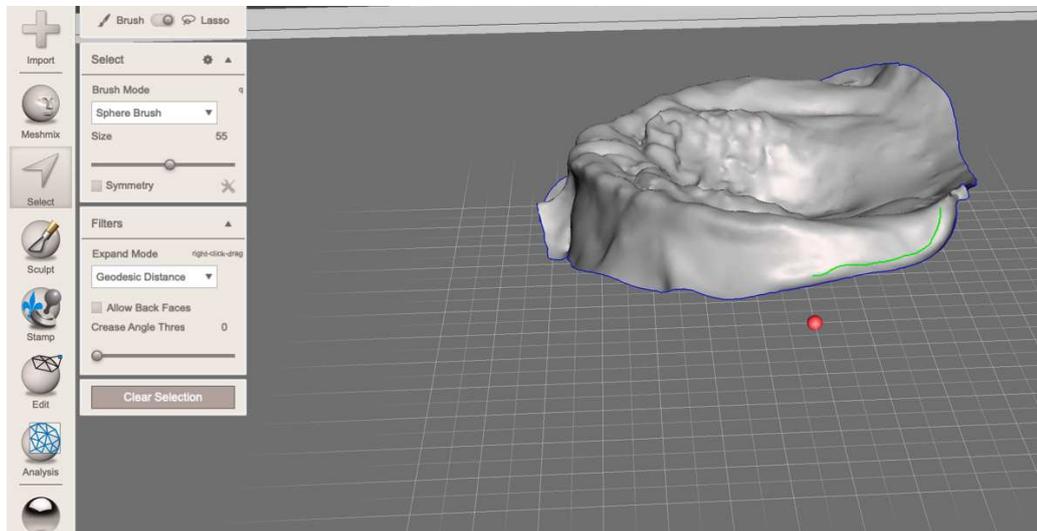


Figure 1 : délimitation de la plaque (illustration personnelle)

2^e étape : séparer les deux parties : « Select » ; « Invert » ; « Separate » (Figure 2).

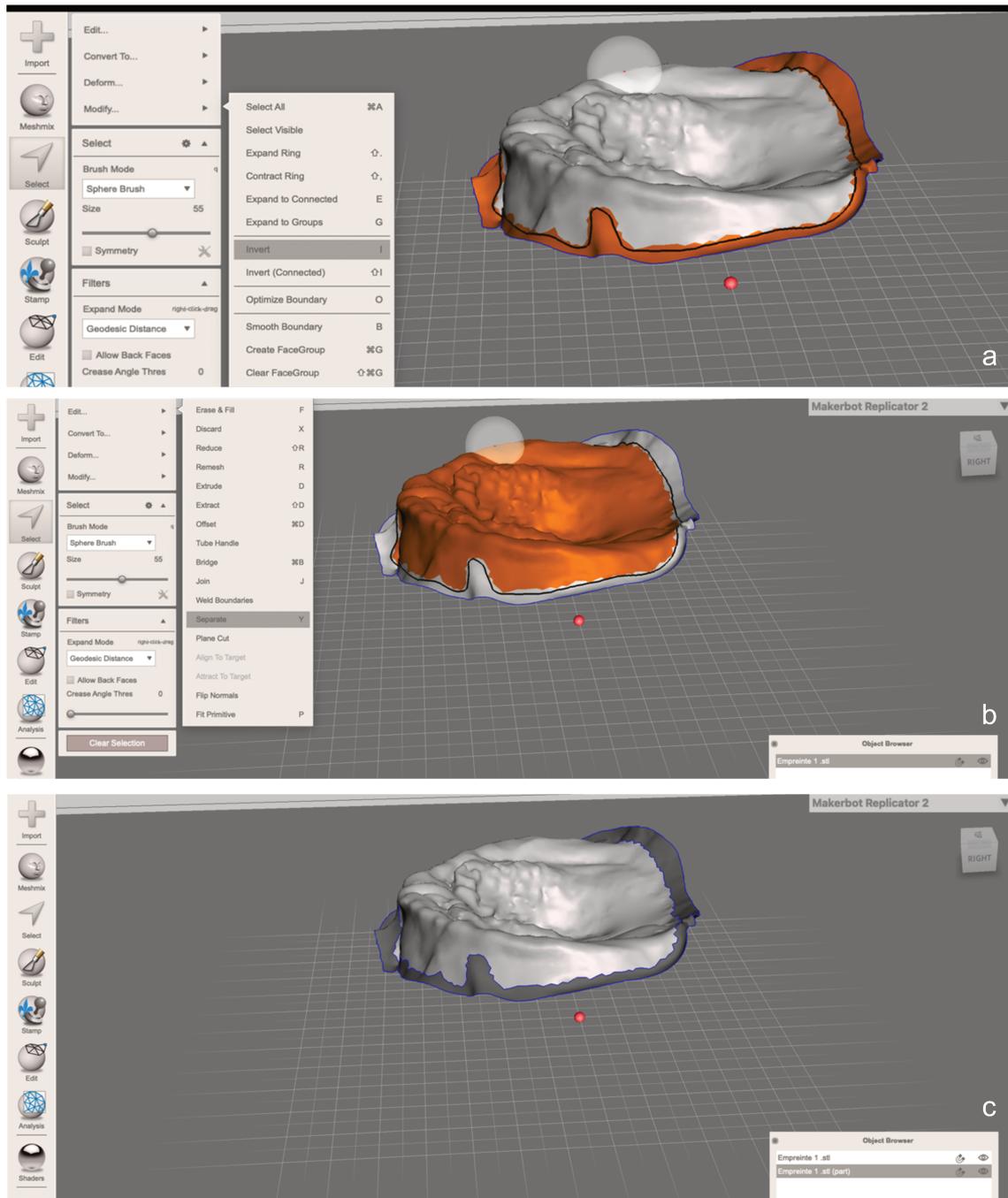


Figure 2 (a,b,c): séparation des limites de la plaque (illustration personnelle)

3^e étape : masquer tout ce qui hors des limites : cliquer sur le symbole « Œil » dans la fenêtre en bas à droite (Figure 3).

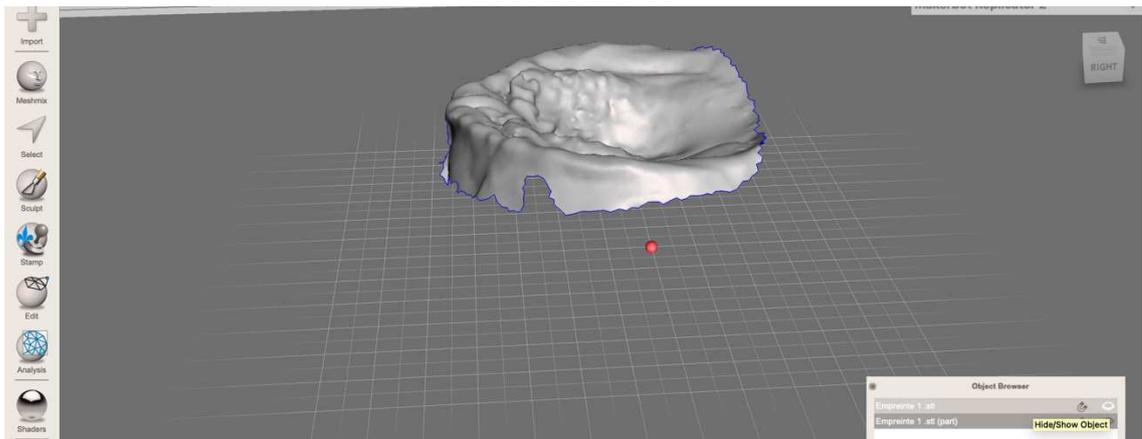


Figure 3 : masquage de ce qui est en dehors des limites (illustration personnelle)

4^e étape : adoucir les limites de la plaque : « Select » ; « Smooth Boundary » ; « Smoothness » au maximum, « Preserve Shape » au minimum, « Preserve Group Borders » décoché (Figure 4).

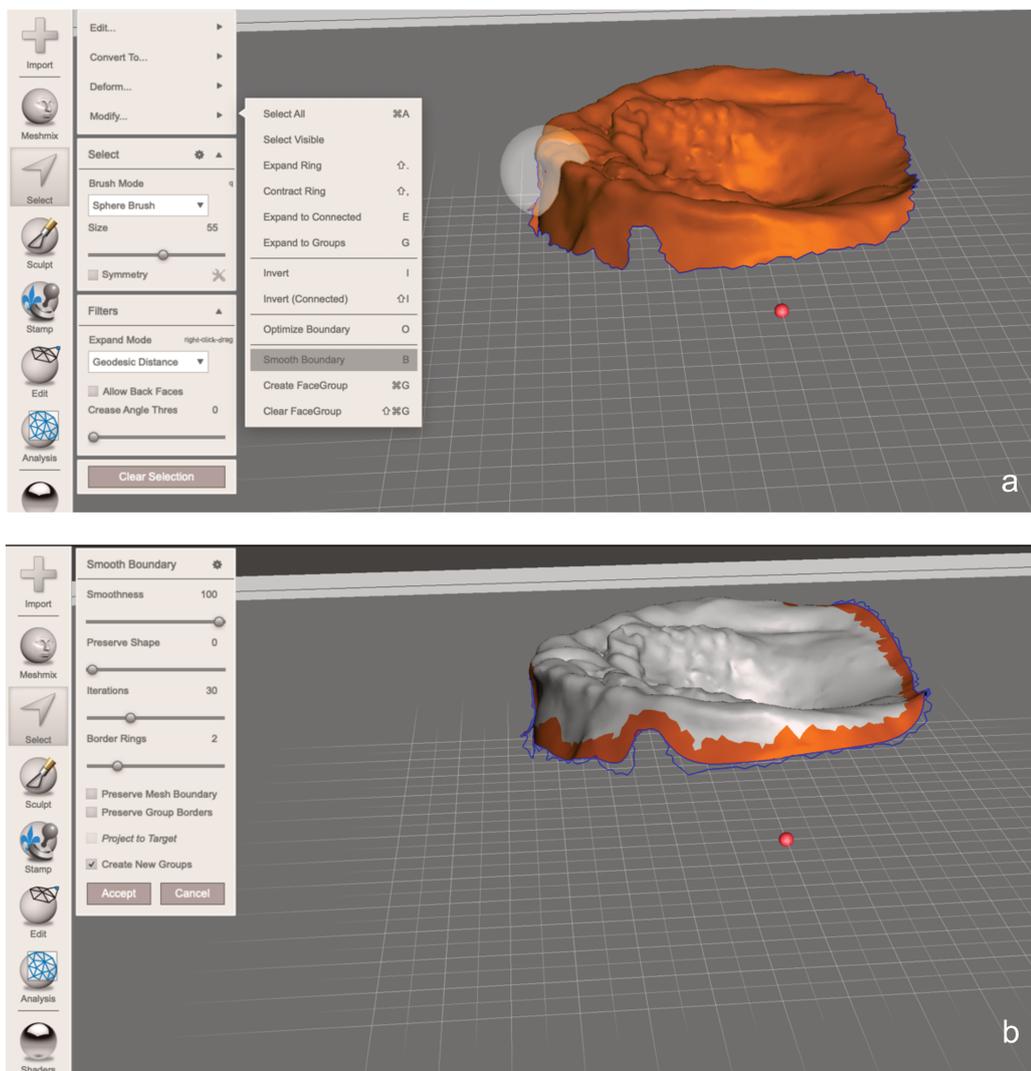


Figure 4 (a, b) : délimitation de la plaque (illustration personnelle)

5^e étape : anticiper la légère perte de précision lors de l'impression, en espaçant l'intrados de la plaque base de 0,05 mm du modèle : « Select » ; « Offset » « 0,05 mm » ; « Accuracy » : 0 (Figure 5).

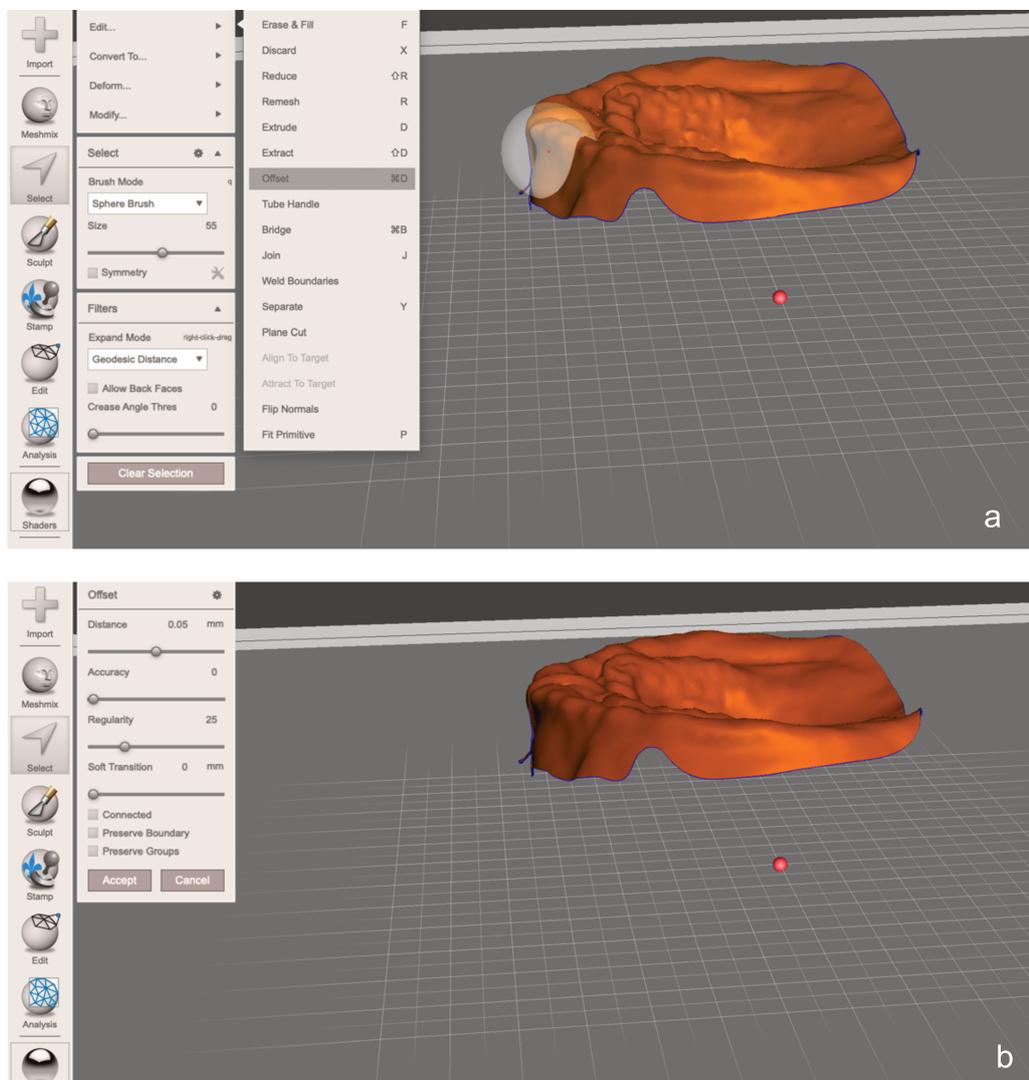


Figure 5 (a, b) : espacement de l'intrados de la plaque base (illustration personnelle).

6e étape : séparer la plaque du modèle : « Separate Shell » (Figure 6).

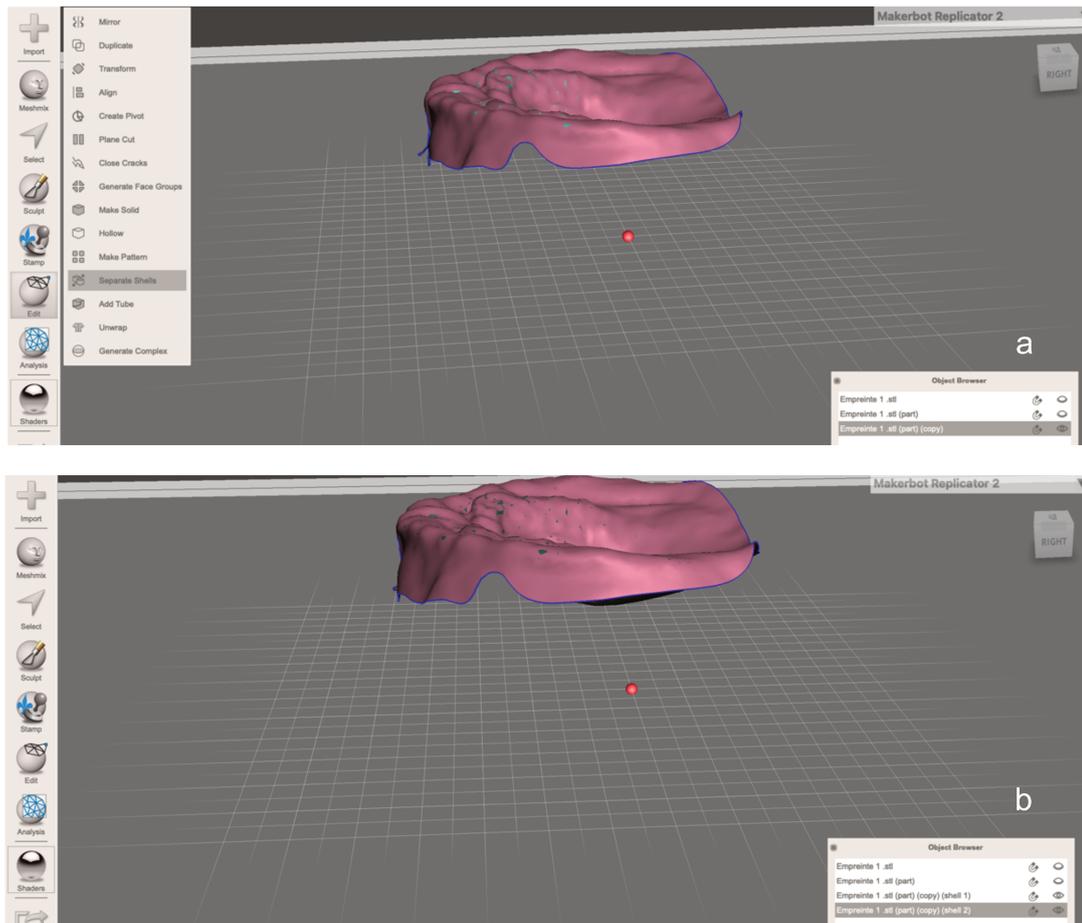


Figure 6 (a, b) : séparation de la plaque du modèle (illustration personnelle).

7^e étape : créer une épaisseur de 2 mm à la plaque :

1. « Offset »; « Distance » 2 mm; « Accuracy » 0; « Separate Shell »; « b »

(Figure 7 et 8).

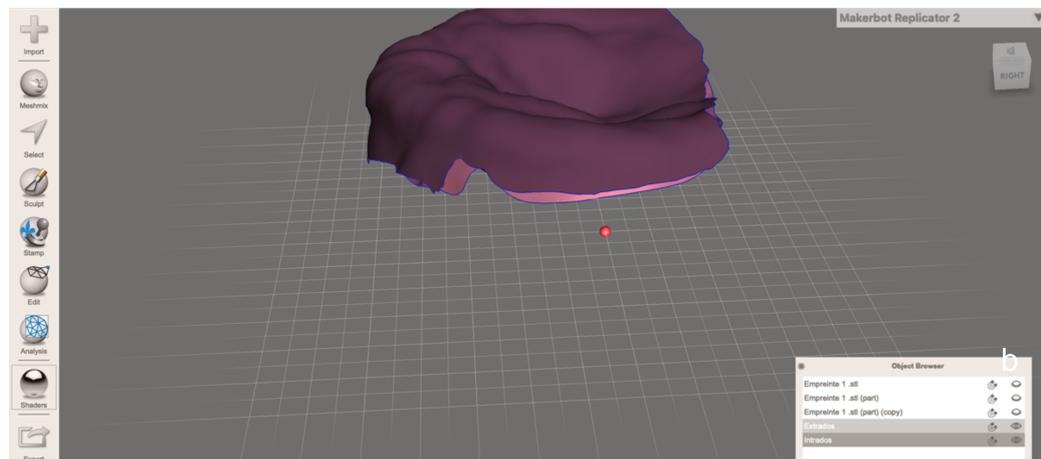
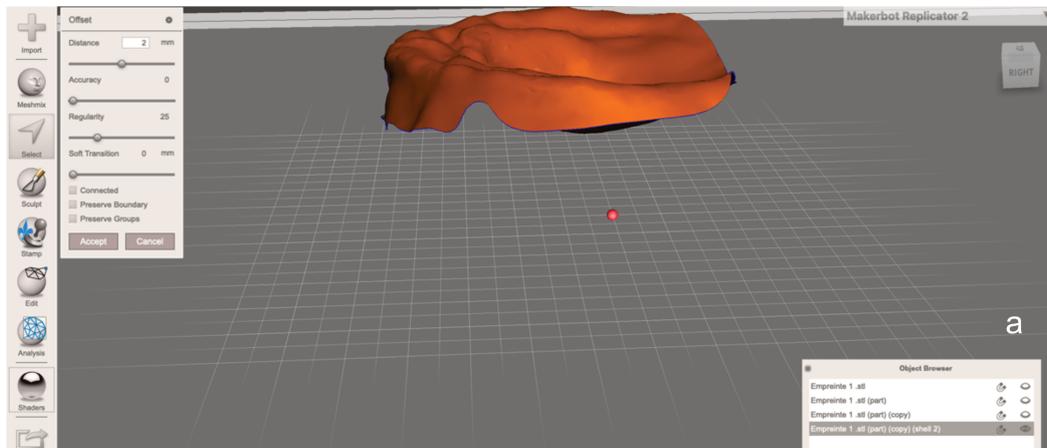


Figure 7 (a, b) : espacement de l'intrados de la plaque base (illustration personnelle).

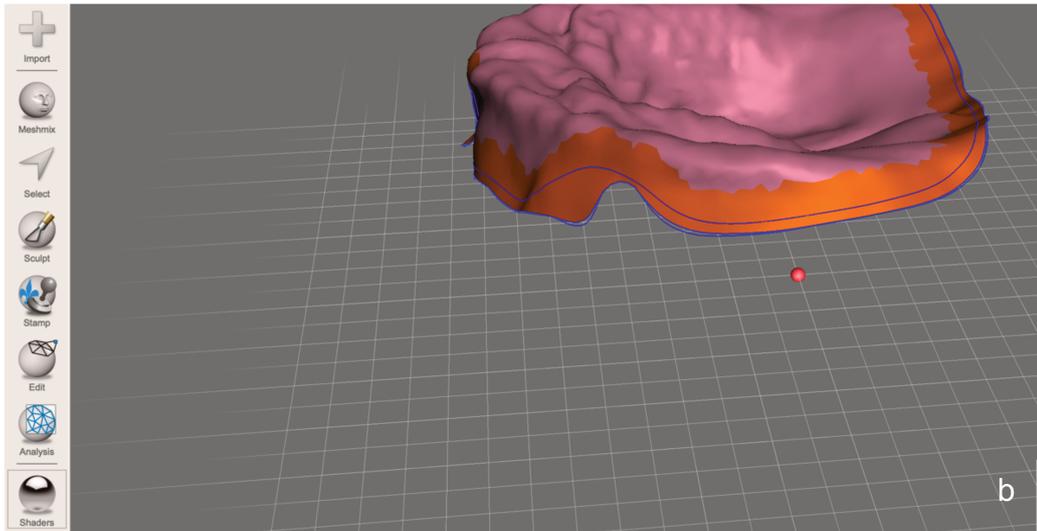
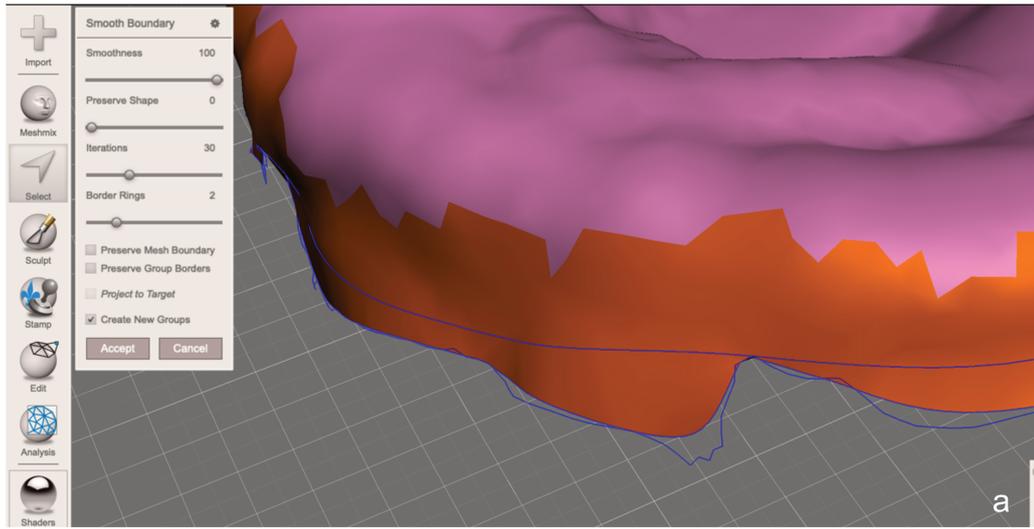


Figure 8 (a, b) : adoucissement des limites (illustration personnelle).

2. Sélectionner uniquement l'intrados puis « Select », « Flip Normal »
(Figure 9).

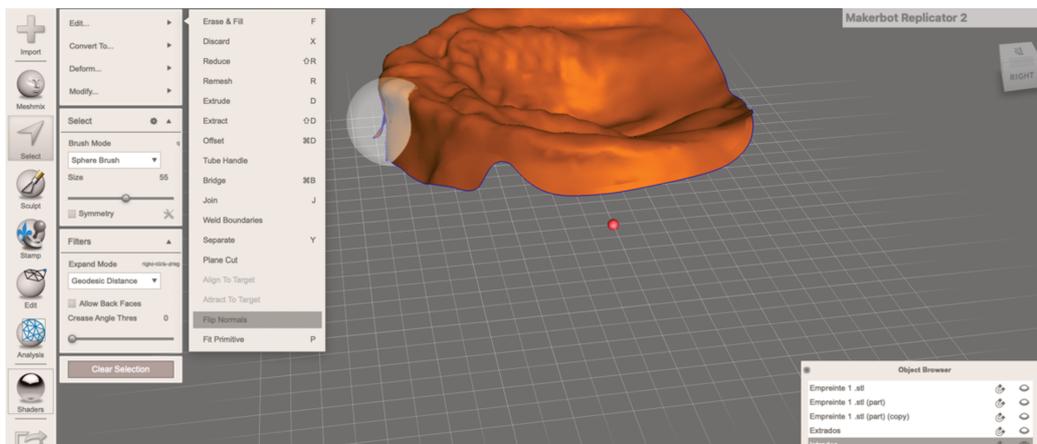


Figure 9 : inversion du sens de l'intrados (illustration personnelle).

3. Sélectionner la limite bleue de l'intrados ainsi que la limite bleue de l'extrados et cliquer sur « Combine », puis « Join » afin d'obtenir une plaque, puis adoucir « b » (Figure 10 et 11).

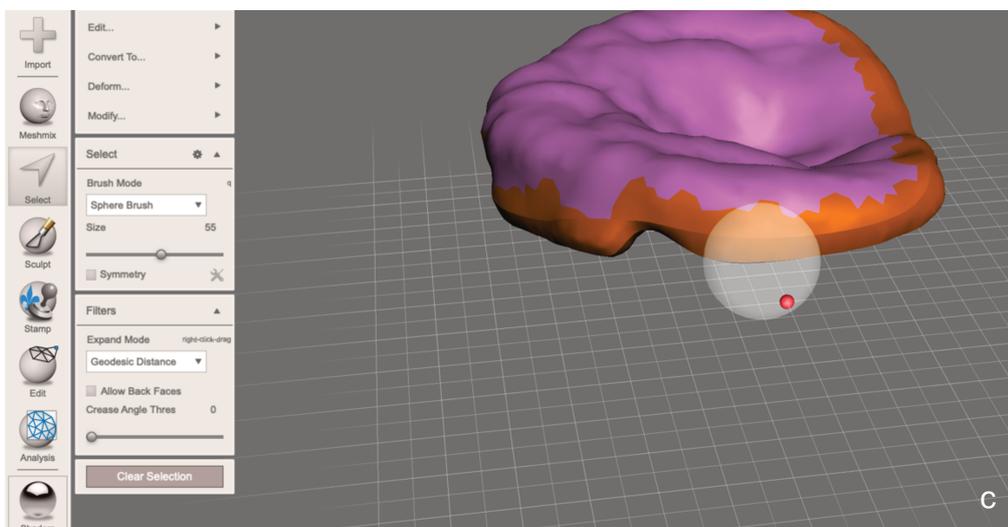
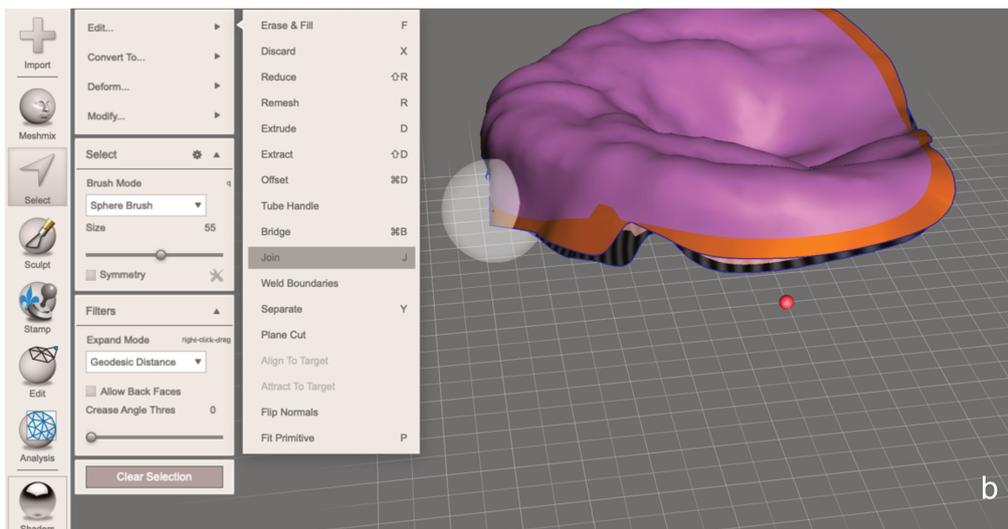
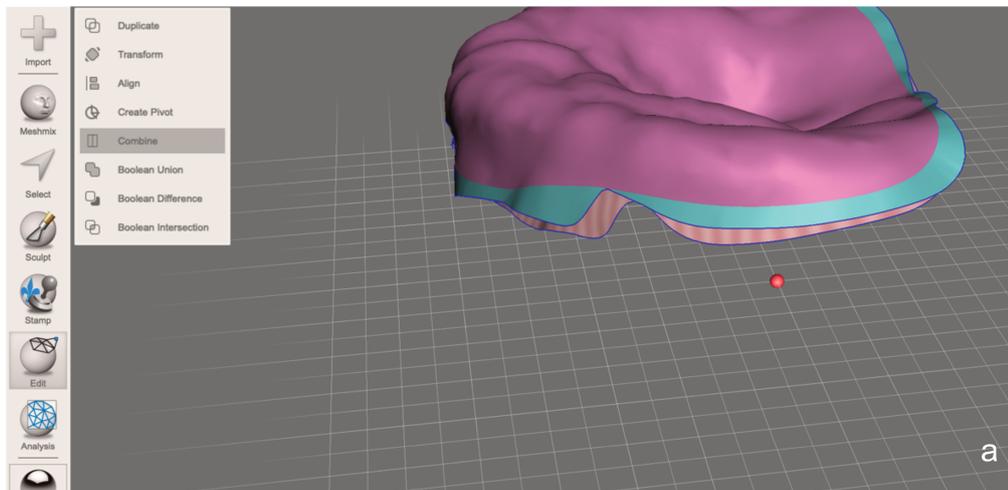


Figure 10 (a, b, c) : conception de la plaque (illustration personnelle).

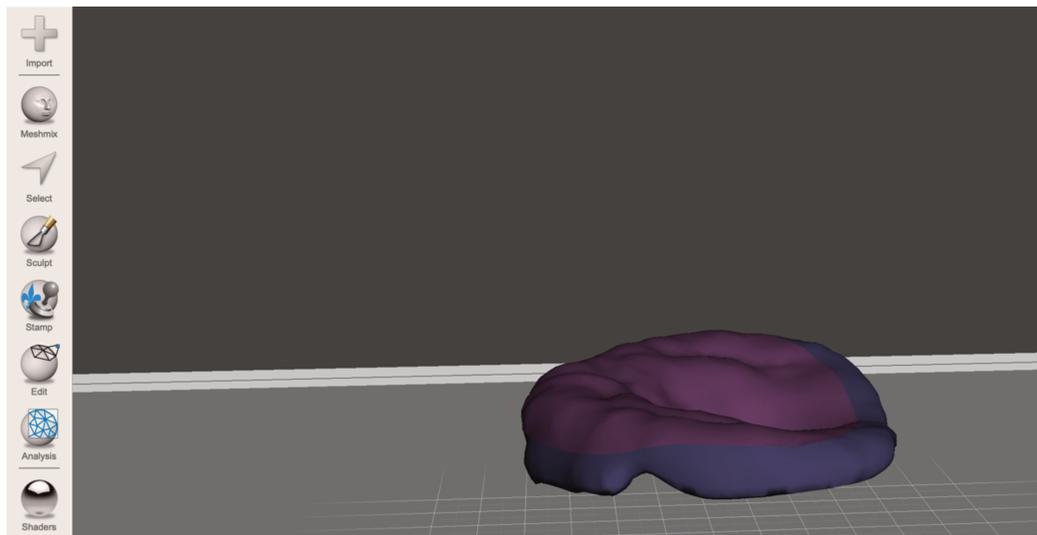


Figure 11 : résultat final (illustration personnelle).

10.2. Annexe 2 : conception des perles lisses

Télécharger la perle lisse selon le QR code, ou suivre les différentes étapes :

1^{ere} étape : choisir dans la bibliothèque Meshmix[®] une perle lisse, puis la redimensionner à 5 mm de diamètre, ainsi qu'un cylindre redimensionné à 2 mm de diamètre et à 10 mm de longueur. Positionner le cylindre afin qu'il passe au milieu de la perle, pour, par la suite créer un tunnel (Figure 12 et 13).

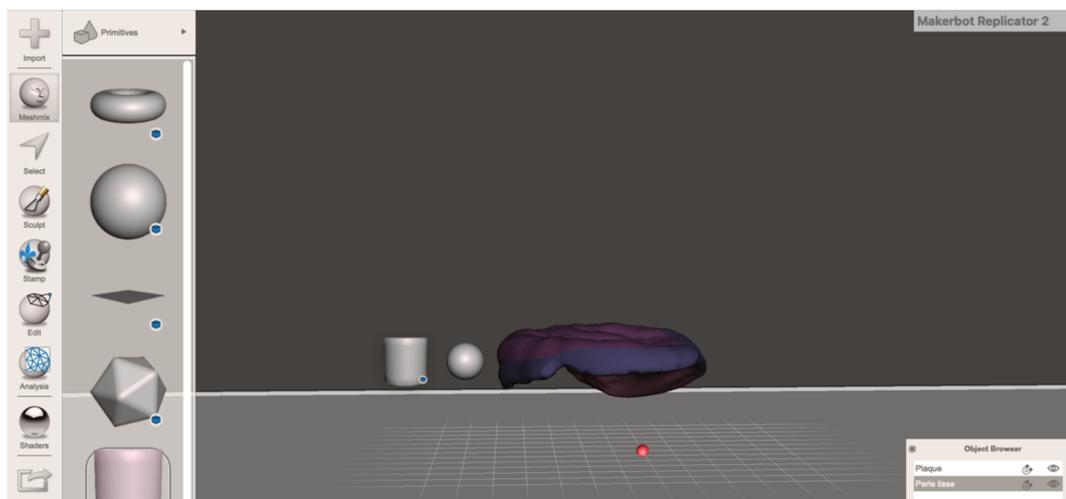


Figure 12 : importation dans la bibliothèque Meshmix[®] d'un cylindre et d'une perle lisse (illustration personnelle).

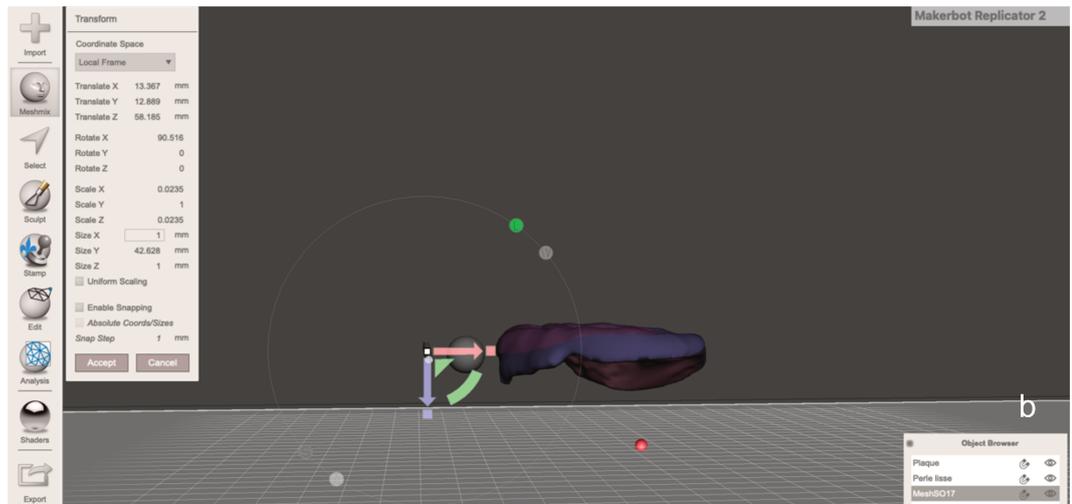
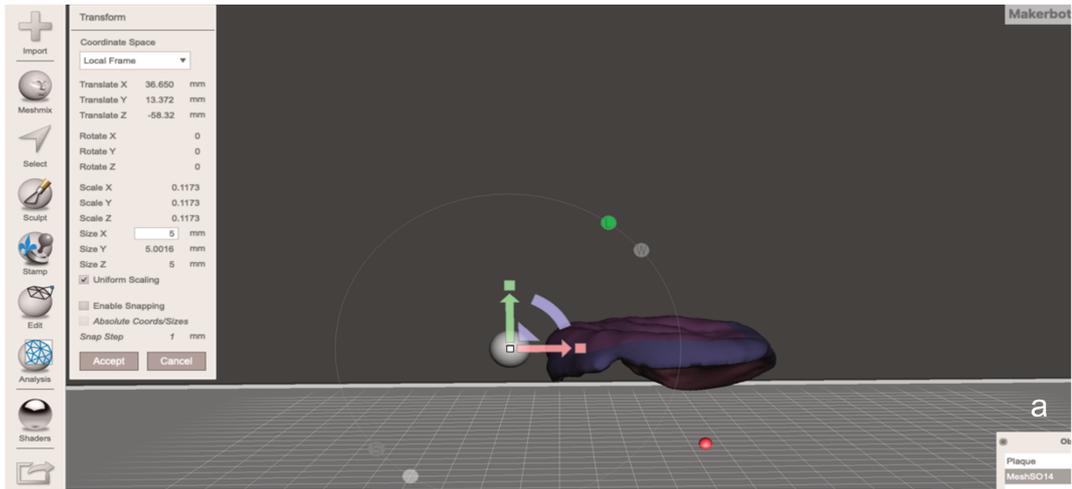


Figure 13 (a, b) : perle et cylindre redimensionnés (illustration personnelle).

2^e étape : créer la tranchée dans la perle. Sélectionner la « perle » puis le « cylindre », puis « Boolean Difference », en décochant « Preserve Group Borders » et « Auto-Reduce Results » (Figure 14).

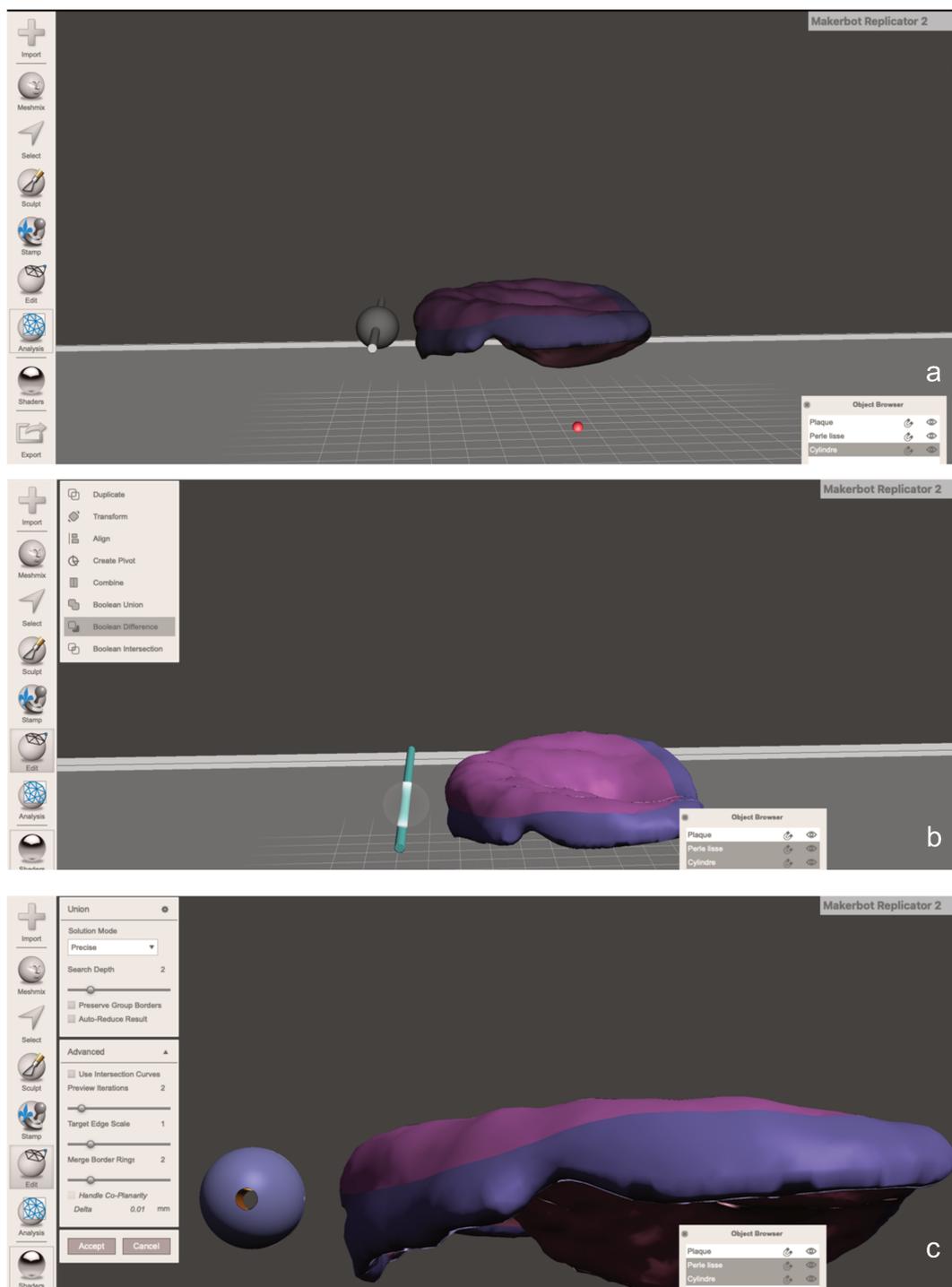


Figure 14 (a, b, c) : création du tunnel (illustration personnelle).

3^e étape : dupliquer cette perle afin d'en obtenir 4 (Figure 15).

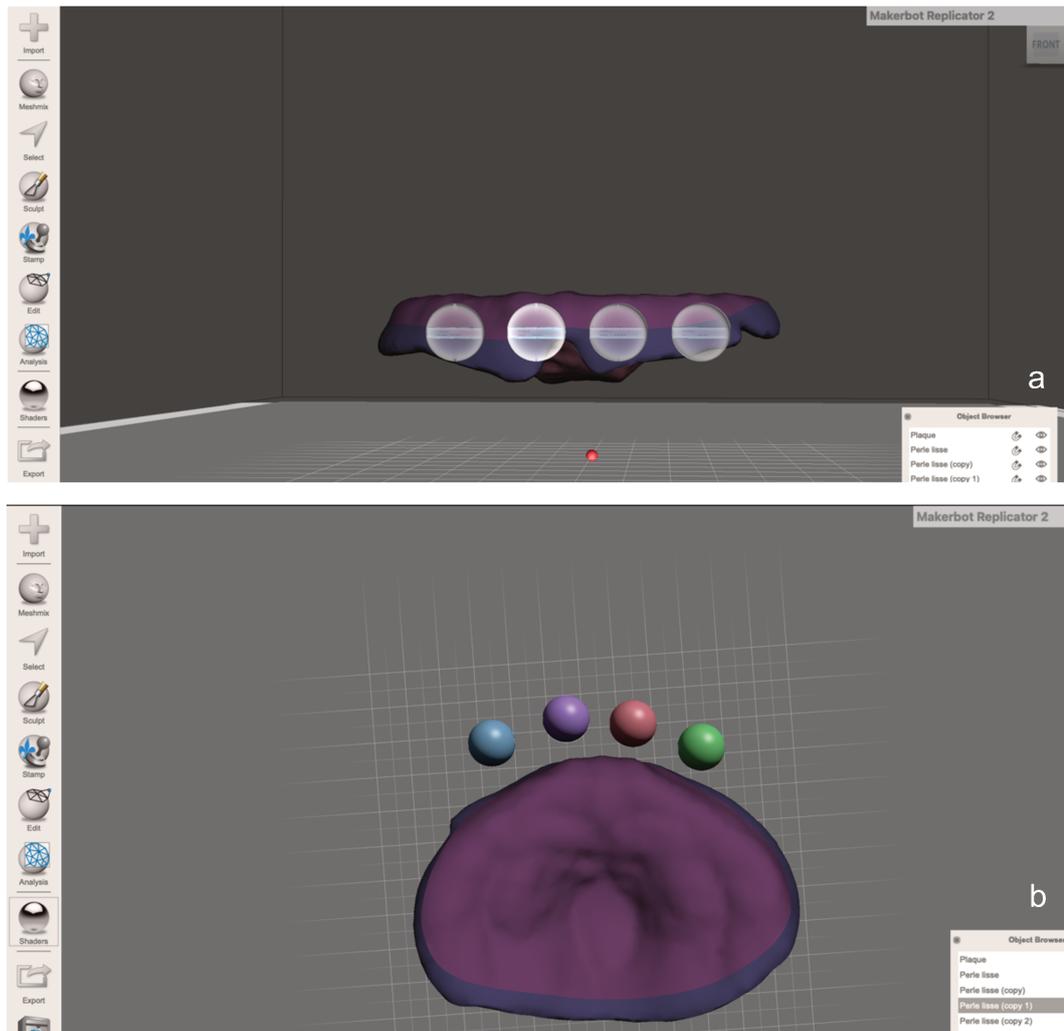


Figure 15 (a, b) : perles dupliquées (illustration personnelle).

4^e étape : réitérer les mêmes étapes (1^{ère} et 2^e étape) afin d'obtenir une perle de 4 mm de diamètre (positionnée au palais) (Figure 16).

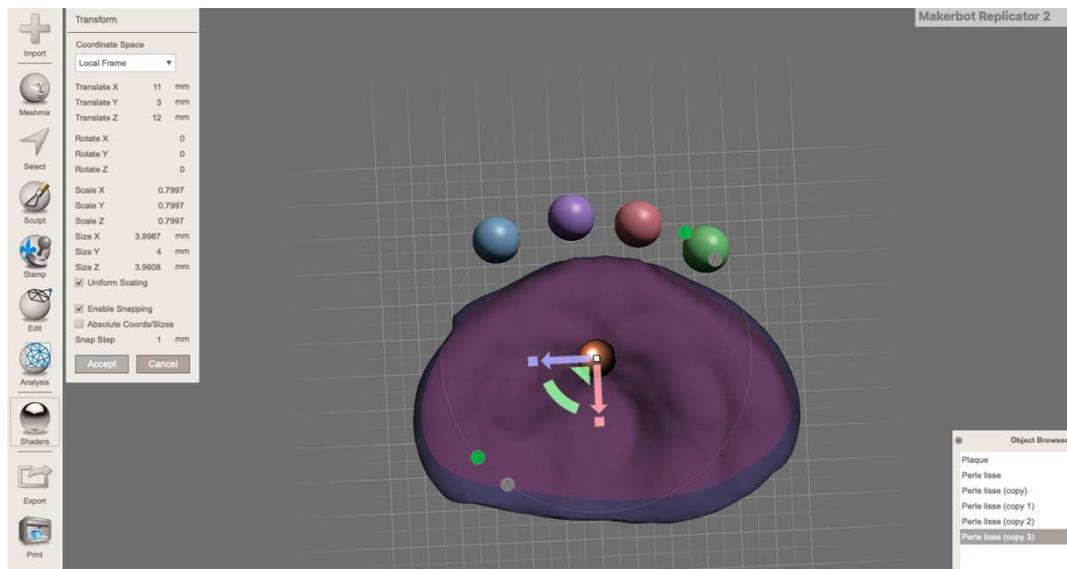


Figure 16 : conception de la perle au palais (illustration personnelle).

10.3. Annexe 3 : conception des perles rugueuses

Télécharger le QR code ou sélectionner un dodécagone de 5 mm de diamètre dans la bibliothèque Meshmix®. La suite des étapes est identique à celle de la perle lisse (Figure 17).

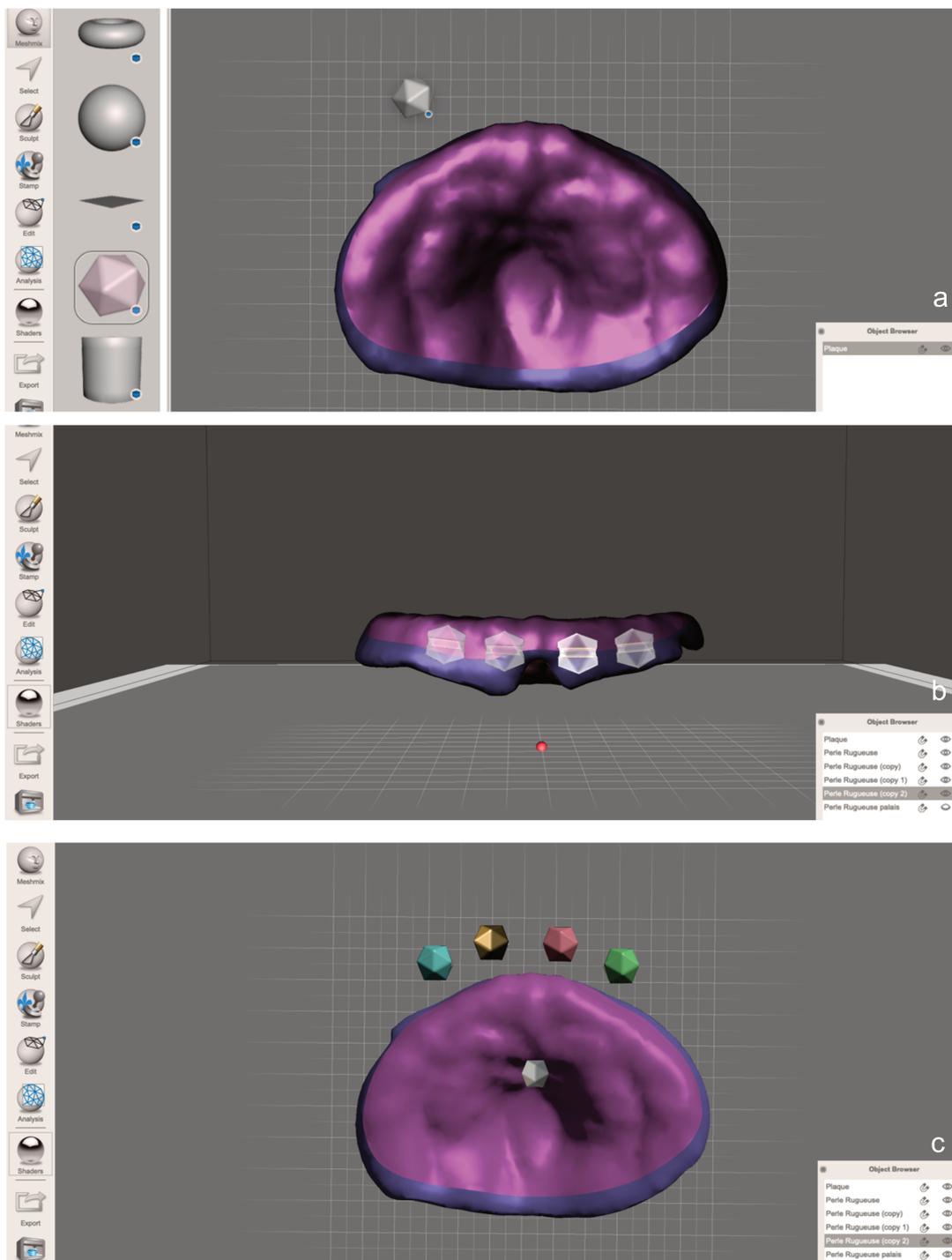


Figure 17 : conception des perles rugueuses (illustration personnelle).

10.4. Annexe 4 : conception du cratère et des picots

1^{ère} étape : sélectionner une forme ronde, dont le diamètre est celui souhaité pour le cratère, puis adoucir les bords « b ». Faire ensuite une sélection de diamètre plus petit pour surélever les bords du cratère (Figure 18).

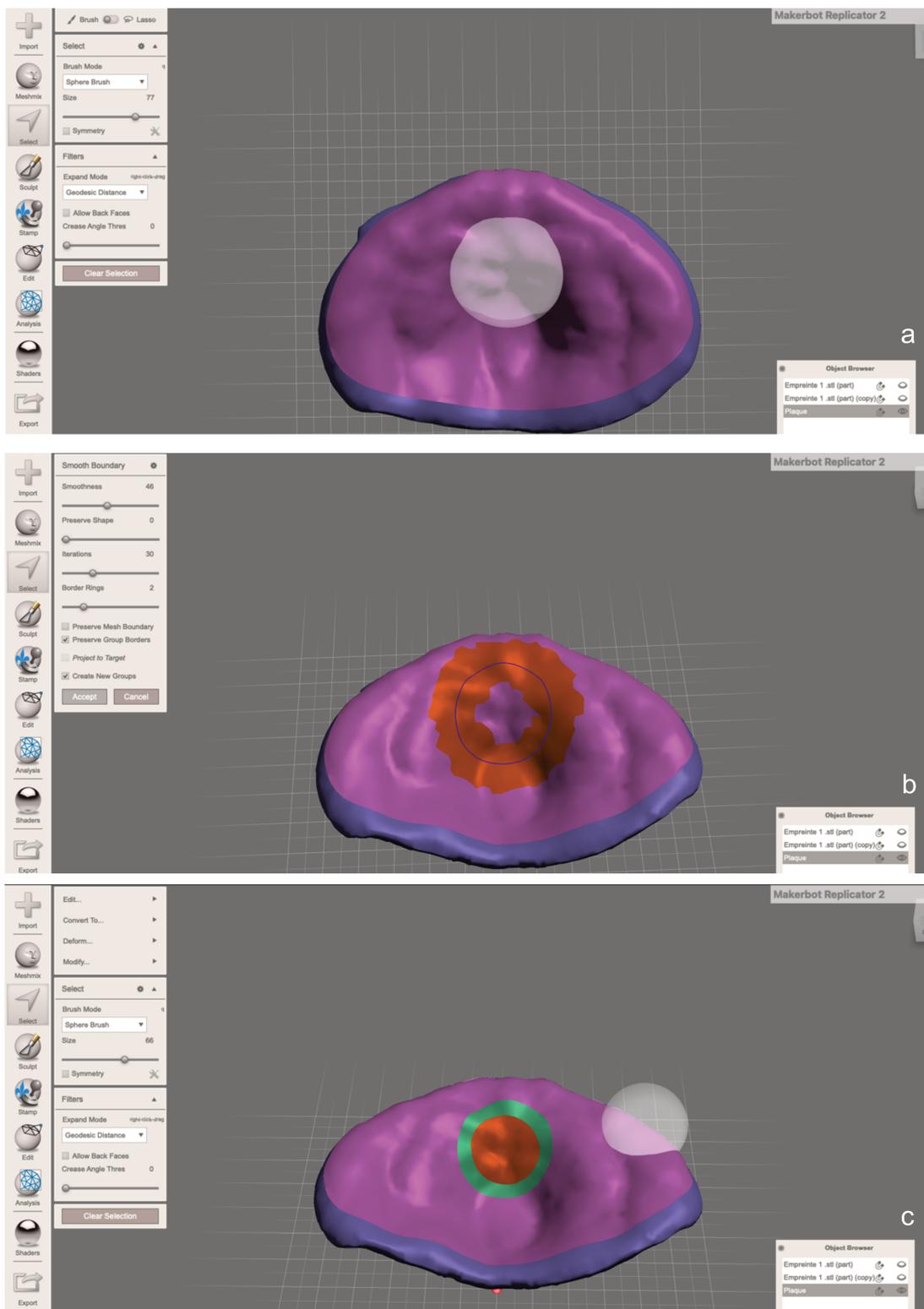


Figure 18 (a, b c) : détermination des limites du cratère (illustration personnelle).

2^e étape : sélectionner le cercle extérieur, « Extrude », « Offset » de 2 mm, « Density » 4, « Direction » constant, « Endtype » flat ((Figure 19).

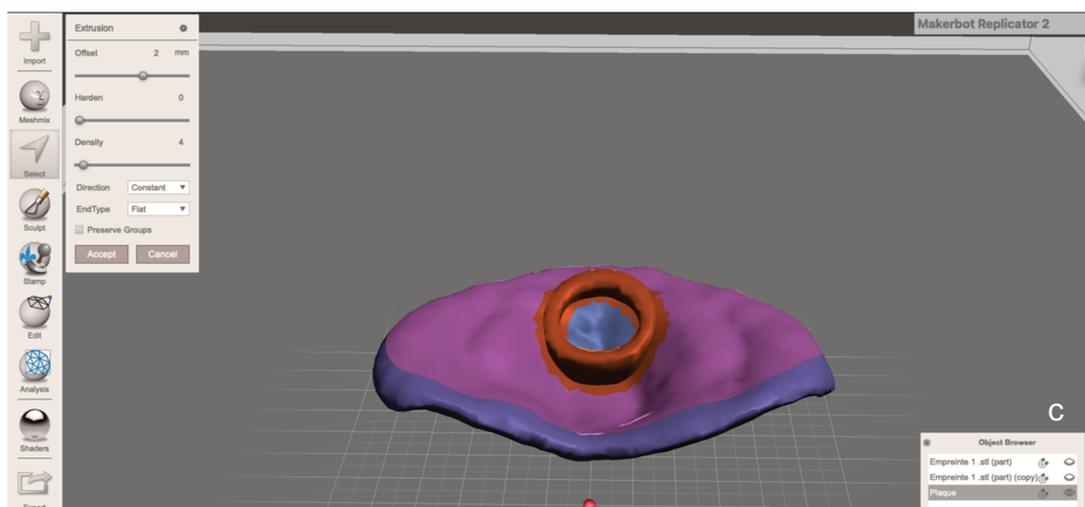
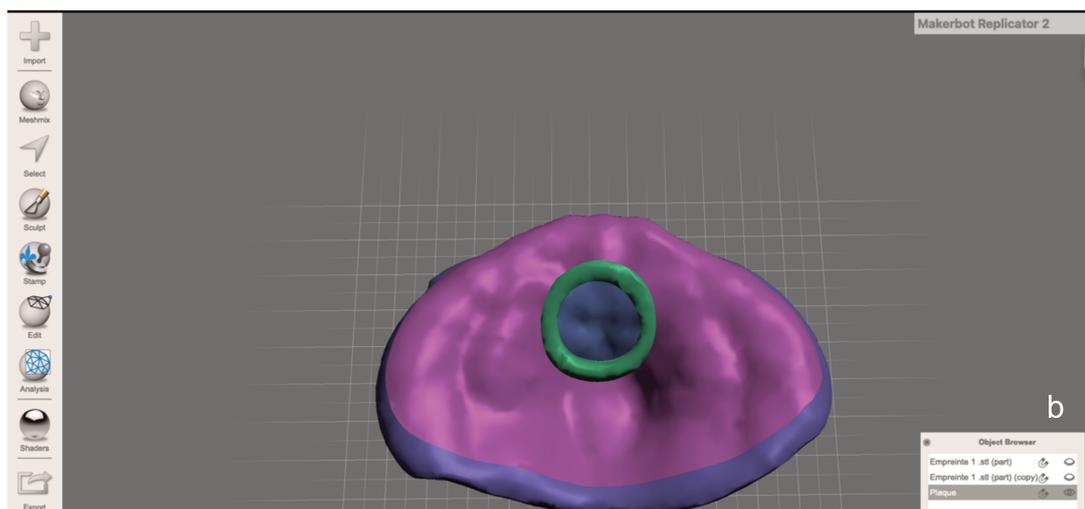
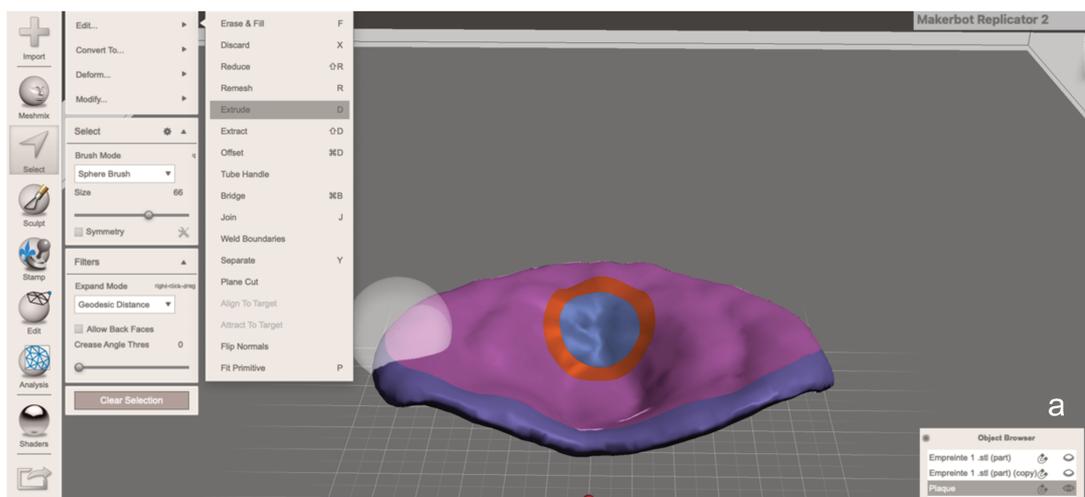


Figure 19 (a, b c) : conception du cratère (illustration personnelle).

3^e étape : réaliser les boules en vestibulaire de la plaque : « Sculpt » ; « Draw3 » ; « Falloff » arrondi ; et décocher « flow ». La taille du pinceau dépend du diamètre souhaité des boules. Compter le nombre de clics réalisés jusqu'à avoir obtenu la taille souhaitée, et faire de même pour les 3 autres boules, afin qu'elles soient de taille identique (Figure 20 et 21).

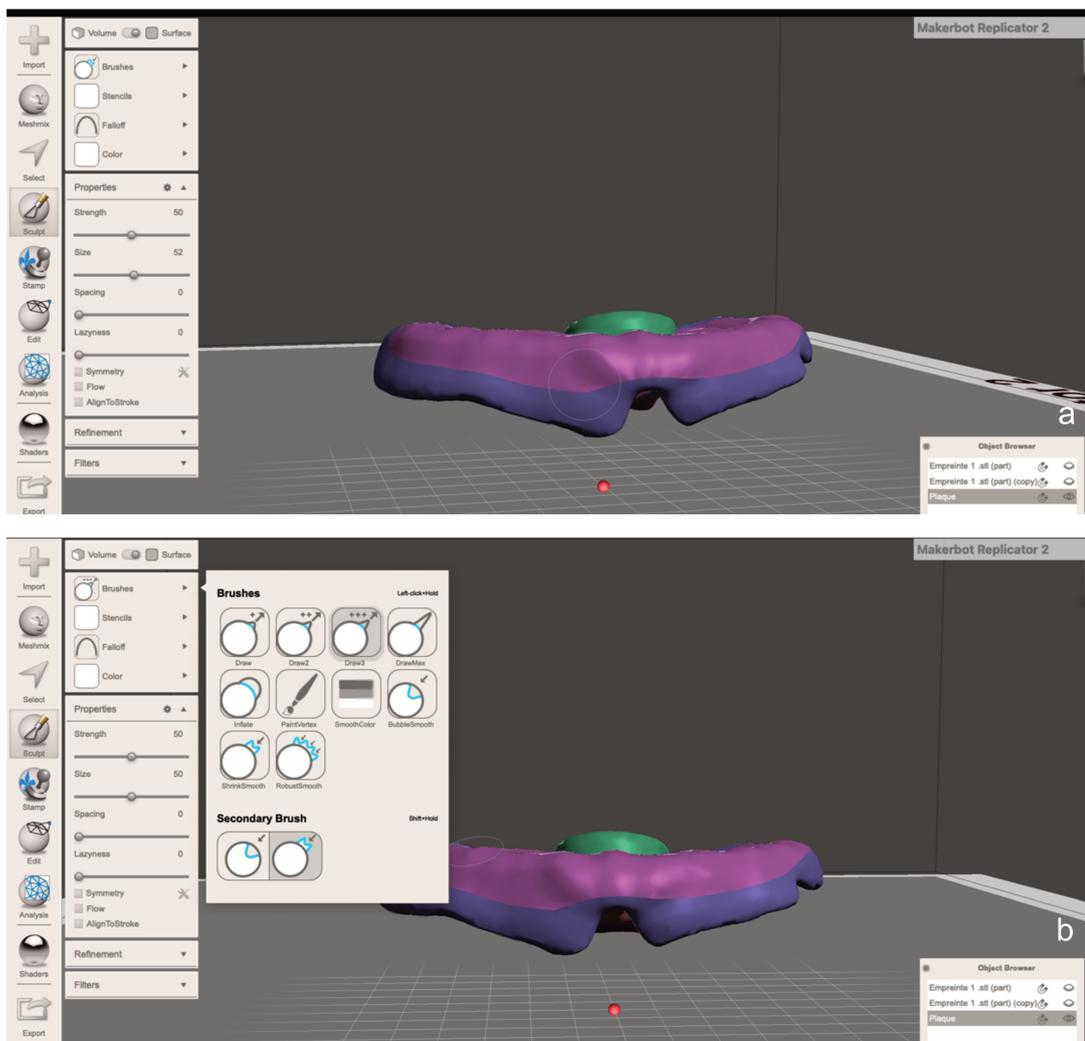


Figure 20 (a, b) : choix de la taille du pinceau (illustration personnelle).

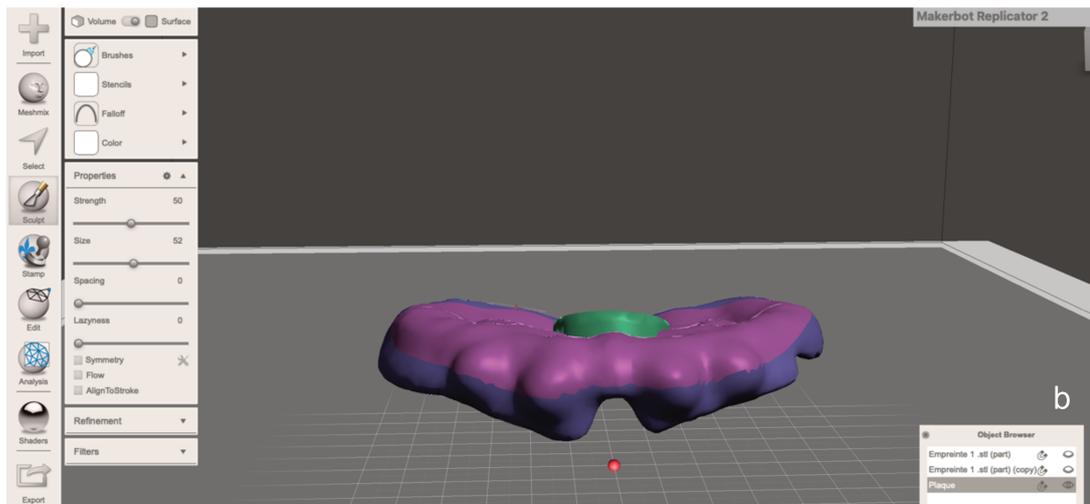
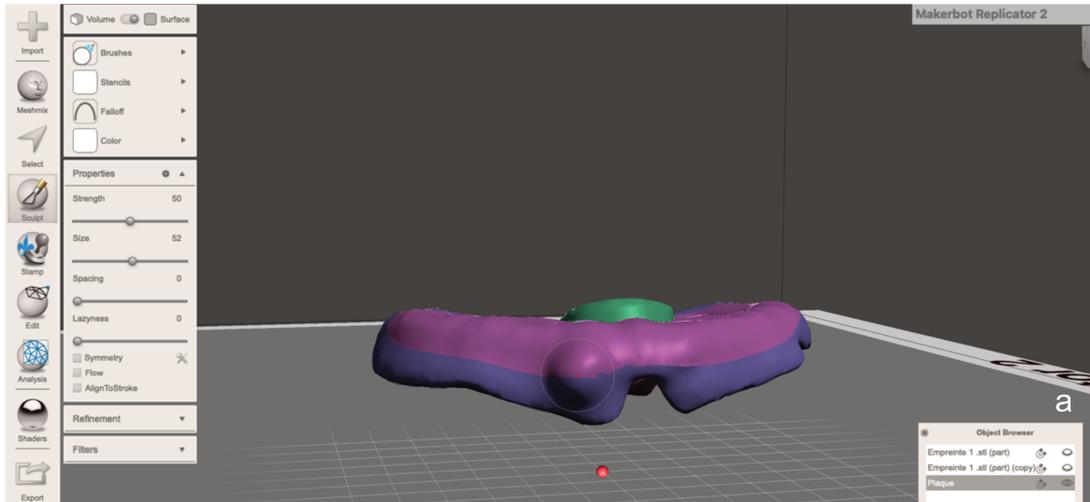


Figure 21 (a, b) : conception des boules (illustration personnelle).

4^e étape : modéliser les picots : choisir un pinceau « DrawMax » de taille plus petite et « Falloff » pointu et réitérer les étape 1 à 4 (Figure 22).

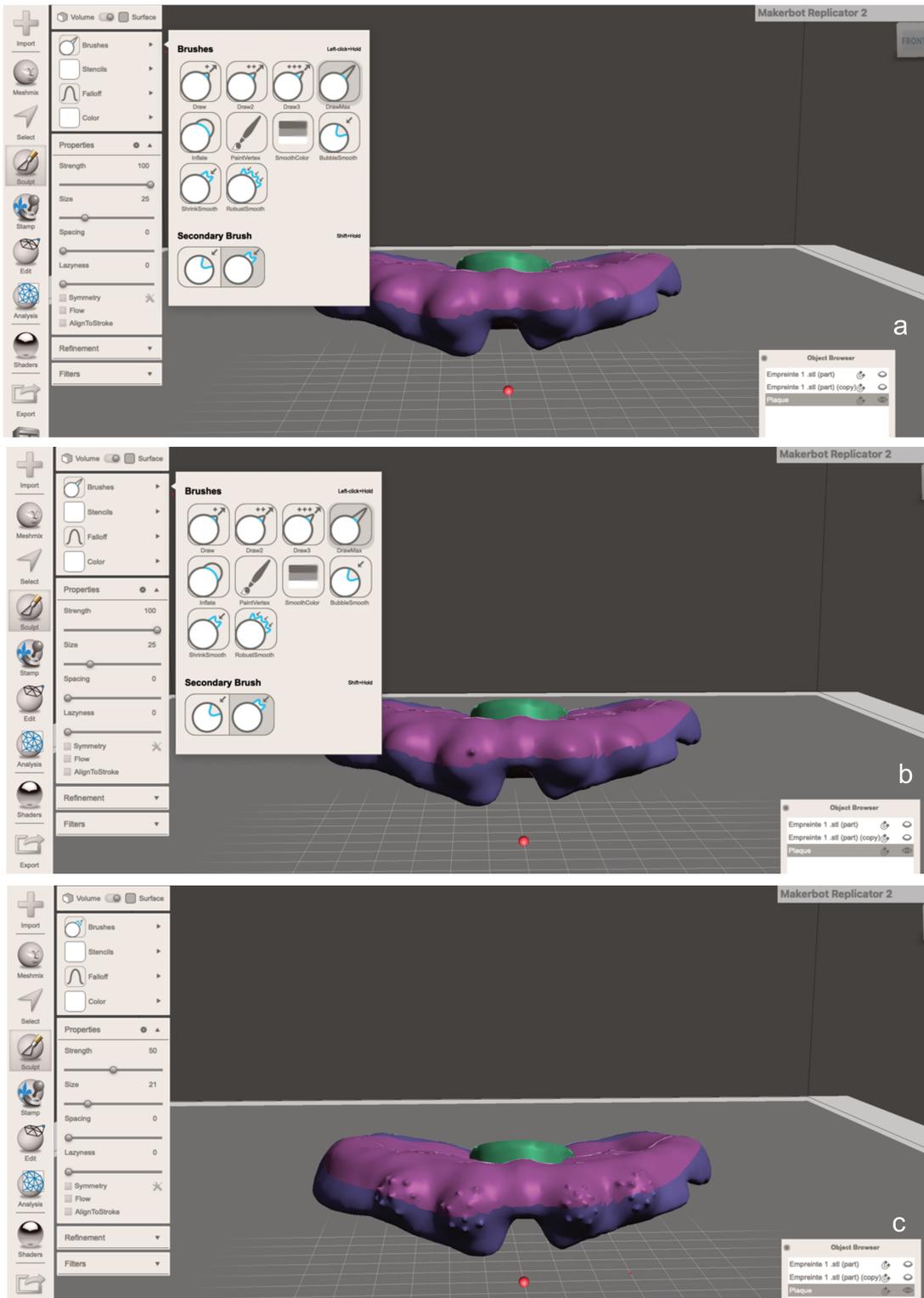


Figure 22 (a, b,c) : conception des picots vestibulaires (illustration personnelle).

5^e étape : réaliser les étapes 1 à 5 sur la zone du palais, aux zones nécessaires pour stimuler la langue (à droite / à gauche / en avant) (Figure 23).

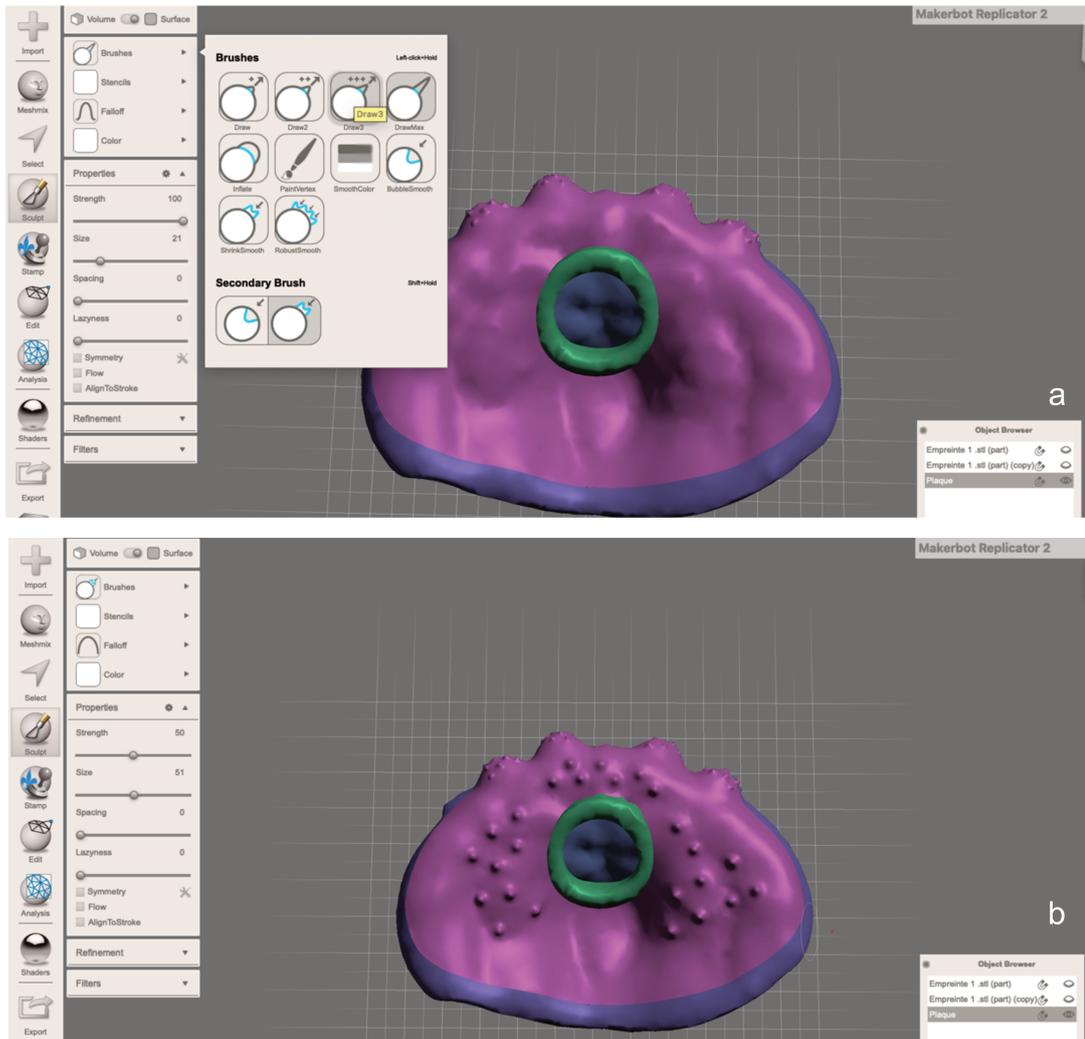


Figure 23 (a, b) : conception des picots dans la zone du palais (illustration personnelle).

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : 2024

Réalisation par CFAO de plaques de myostimulation chez l'enfant porteur de trisomie 21 / **SERIES Katia** p. (68) : ill. (27) ; réf. (17).

Domaines : Odontologie pédiatrique

Mots clés Rameau : Trisomie 21, Pédodontie

Mots clés FMeSH : Syndrome de Down, Pédodontie

Résumé de la thèse :

La trisomie 21 est une pathologie fréquente, et possède de nombreuses conséquences oro-faciales. Une prise en charge précoce et multidisciplinaire permet une amélioration du développement et de la qualité de vie des patients. Elle consiste notamment au niveau bucco-dentaire en l'association de la stimulation par massages de cette zone avec la thérapie par plaque palatine de myostimulation.

Ce travail a eu pour but d'établir un protocole standardisé de réalisation par Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO), à l'aide de la technique additive, de plaques de myostimulation pour les patients porteurs de trisomie 21 à partir de 3 mois jusqu'à l'éruption des dents temporaires.

JURY :

Président : Madame le professeur DELFOSSE Caroline

Asseseurs :

- Madame le Docteur DEHURTEVENT Marion
- Madame le Docteur BLAIZOT Alessandra
- Madame le Docteur FAUQUEUX Margaux