



LIVRE BLANC FORMLABS :

L'impression 3D d'embouts auriculaires en silicones sur mesure

Sommaire

Résumé	3
Introduction	4
Transition vers la production numérique d'embouts auriculaires.	5
Comment utiliser la stéréolithographie pour fabriquer des embouts auriculaires souples sur mesure	6
Processus de travail : Prendre une empreinte.	7
Processus de travail : Scanner l'empreinte	8
Processus de travail : Concevoir l'embout auriculaire	9
Processus de travail : Préparer l'impression	10
Processus de travail : Impression 3D.	13
Processus de travail : Nettoyer les pièces imprimées en 3D	14
Processus de travail : Post-polymériser les pièces imprimées.	15
Processus de travail : Injecter du silicone dans la coque imprimée.	16
Processus de travail : Casser la coque.	18
Processus de travail : Finition de l'embout auriculaire	19
Processus de travail : Vérifier l'ajustement.	20
Conclusion	21
En savoir plus	22

Résumé

Les embouts auriculaires sur mesure fournissent un ajustement sûr et confortable dans des applications telles que les appareils auditifs, les oreillettes des musiciens, les écouteurs haut de gamme et les protections auditives. Mais fabriquer ces pièces peut s'avérer extrêmement compliqué.

Avec les technologies et logiciels de scan numérique, recueillir et modifier l'empreinte unique du canal auditif d'un individu est simplifié, et avec l'impression 3D, la fabrication suit naturellement. La production numérique offre un meilleur contrôle et une meilleure précision par rapport au moulage traditionnel, ce qui réduit considérablement la quantité d'erreurs et de retouches.

Historiquement, les processus numériques étaient si chers qu'ils étaient hors de portée de tous sauf d'une poignée de grands laboratoires d'audioprothèse. Maintenant, avec des technologies comme la Form 3B, une imprimante 3D de bureau avancée optimisée pour les matériaux biocompatibles, les laboratoires d'audioprothèse de toutes tailles peuvent numériser leur processus de fabrication d'embouts auriculaires en silicone souple.

En partenariat avec [The Listening Stack](#), ce livre blanc indique les grandes lignes du processus de fabrication d'embouts auriculaires en silicone sur mesure avec une imprimante SLA Formlabs et Clear Resin. Ce processus de travail peut aussi être appliqué avec BioMed Clear Resin. Depuis l'adoption de ce processus numérique, Justin Stack, propriétaire de The Listening Stack, estime que la société a vu une réduction des retouches de 40 %, ce qui représente une économie et un gain de temps considérables pour l'entreprise.



Introduction

La personnalisation de masse en audiologie est une application naturelle de l'impression 3D. L'intérieur de l'oreille de chaque personne est composé de formes et de courbes organiques uniques. Les embouts auriculaires doivent s'ajuster parfaitement pour garantir la bonne performance de l'appareil.

Historiquement, les embouts auriculaires sur mesure étaient fabriqués selon un processus laborieux qui exigeait plusieurs moules et étapes de fabrication manuelles. Au cours de la dernière décennie, le processus de fabrication sur mesure s'est largement numérisé. L'édition numérique et l'impression 3D de chaque moule sur mesure permettent une qualité et une précision plus constantes, ainsi qu'une meilleure gestion des produits.

Beaucoup de grands laboratoires d'audioprothèse utilisent déjà l'impression 3D dans leur processus de fabrication de moules. Bien que cette technique soit relativement bien établie, le coût des imprimantes haute précision la rend inaccessible aux petits laboratoires d'audioprothèse. De nombreux laboratoires utilisent donc toujours le moulage traditionnel d'empreintes, tandis que d'autres choisissent de sous-traiter la fabrication.

Ce livre blanc donne les grandes lignes du processus de moulage d'un embout auriculaire sur mesure en silicone à partir d'une coque imprimée sur une imprimante 3D stéréolithographique (SLA) Formlabs. Ce processus est appliqué avec succès par nos utilisateurs, comme The Listening Stack, un laboratoire d'audiologie et d'audioprothèse établi en Californie, qui propose à ses patients des appareils auditifs, des protections auditives et des oreillettes sur mesure.



Fig. 1 : Un embout auriculaire en silicone moulé à partir d'une impression créée sur une imprimante SLA Formlabs.



Fig. 2 : Embout auriculaire souple et embout auriculaire rigide.

Transition vers la production numérique d'embouts auriculaires

Les embouts auriculaires sur mesure sont disponibles dans divers styles et matériaux selon leur utilisation, et ils sont typiquement soit rigides (souvent en acrylique), soit souples (souvent en silicone). L'impression 3D est efficace pour produire les deux types d'embouts grâce à deux techniques d'impression légèrement différentes.

Traditionnellement, les moules et coques pour embouts auriculaires sur mesure sont fabriqués en modifiant manuellement l'empreinte de l'oreille par des méthodes soustractives (retrait de matériau, ponçage et polissage) et additives (trempage dans de la cire). L'empreinte est ensuite utilisée pour créer un master avec lequel on fabrique un moule négatif dans un autre matériau, qui est alors rempli avec le matériau de moulage final. Si c'est un matériau rigide à base d'acrylique, il est post-polymérisé dans un four à UV pour qu'il durcisse. Si c'est un matériau souple à base de silicone, il est post-polymérisé dans une unité sous pression. Le processus est laborieux, long, et nécessite des compétences spécialisées et une expérience solide pour toujours produire des embouts de grande qualité. Comme ce processus est principalement réalisé à la main, les erreurs humaines font qu'il est difficile d'obtenir d'excellents résultats à chaque fois et les retouches sont courantes.

Avec l'impression 3D, une empreinte peut être scannée et modifiée numériquement sur ordinateur, ce qui réduit les possibilités d'erreurs humaines et les efforts physiques. Les scans peuvent être enregistrés et modifiés à nouveau, au lieu de reprendre une empreinte pour corriger une erreur ou de faire un nouveau moule. Ces fichiers sont alors imprimés en 3D comme un embout rigide qui sera directement utilisé dans l'oreille, ou comme une coque dans laquelle un matériau souple sera injecté pour donner le produit final.

Le produit final est plus précis et plus conforme à l'empreinte, requiert donc moins de retouches et permet au technicien d'avoir un meilleur contrôle.

Les avantages du processus numérique s'étendent également aux autres besoins de l'entreprise, en effet, les fichiers peuvent être stockés facilement pendant des années et ne nécessitent aucun espace de stockage physique ni de maintenance. Ceci permet de conserver les dossiers des patients de manière optimale et de faire des économies d'échelle quand plus d'un moule est produit.

Comment utiliser la stéréolithographie pour fabriquer des embouts auriculaires souples sur mesure

Les imprimantes 3D SLA comme la Form 3B offrent de nouvelles opportunités aux laboratoires d'audioprothèse qui veulent passer d'un processus de fabrication manuel à un processus numérique plus précis et plus fiable. The Listening Stack utilise déjà son imprimante pour fabriquer presque tous ses moules de protections auditives sur mesure en interne.

Les sections suivantes détaillent le processus complet de The Listening Stack pour fabriquer des coques d'embouts auriculaires souples complètes.

Ce processus utilise une méthode souvent appelée la « méthode de la coquille d'œuf », qui consiste à imprimer une coque, une version creuse de l'embout auriculaire, qui est ensuite injectée de silicone pour produire un embout auditif souple sur mesure. La coque imprimée est ensuite cassée pour libérer le moule en silicone, comme si on cassait la coquille d'un œuf dur.



Fig. 3 : Embouts auriculaires moulés avec une imprimante Formlabs.

Processus de travail

1. PRENDRE UNE EMPREINTE

Une étape essentielle de la production de tout embout auriculaire sur mesure est la prise d'empreinte de l'intérieur de l'oreille du patient. Pour ce faire, l'audiologiste ou audioprothésiste injecte dans l'oreille avec une seringue un matériau pour réaliser une empreinte, souvent un mélange de liquide et de poudre, ou du silicone. Une protection de la membrane tympanique empêche le produit de s'écouler trop loin dans le canal auditif. Cette protection est un petit morceau de mousse ou de coton placé dans l'oreille avant l'injection. Une fois injecté, le matériau durcit en trois à cinq minutes, après quoi l'empreinte peut être retirée de l'oreille.

Avertissement ! La prise d'empreinte est une procédure réglementée, seul un audiologiste ou audioprothésiste diplômé est habilité à le faire. Des kits de prise d'empreinte à la maison sont disponibles, les empreintes réalisées ainsi n'ont souvent pas le style et la qualité d'une empreinte réalisée par un professionnel et peuvent endommager le tympan.

Fig. 4 : Prise de l'empreinte de l'oreille.





Fig. 5 : Scan des empreintes des oreilles avec un scanner 3Shape H600.

2. SCANNER L'EMPREINTE

Placez l'empreinte dans un scanner 3D ; sa forme sera scannée en 30 secondes environ. Le scan transfère la géométrie physique de l'empreinte à l'ordinateur sous forme d'un fichier numérique.

En raison de la minutie des détails et de la forme organique des empreintes, les laboratoires d'audioprothèse utilisent des scanners spécialement conçus pour cette application. 3Shape et SmartOptics sont deux des marques de scanner les plus utilisées en audiologie. Le fichier numérique sera toujours sous la forme brute de l'empreinte de l'oreille, et il doit ensuite être modifié pour l'application spécifique de l'embout auriculaire.

3. CONCEVOIR L'EMBOUT AURICULAIRE

Modifiez le fichier numérique en utilisant un logiciel spécialement conçu pour les embouts auriculaires. Utilisez les outils logiciels pour évider et affiner les sections du modèle, entailler les canaux et ajouter du matériau si nécessaire. Pour imprimer une coque pour injection d'un matériau souple, évidez le fichier et indiquez l'épaisseur de paroi de la coque (souvent entre 0,5 et 0,8 mm). Pour une protection auditive avec des pièces supplémentaires, comme un filtre à décibels pour des oreillettes de musicien, modélisez la forme du filtre dans la coque pour que la cavité correspondante apparaisse quand le fichier est imprimé.

Parmi les quelques logiciels disponibles, EarMouldDesigner de 3Shape et Secret Ear Designer de Cyflex sont les plus couramment utilisés. Bien que l'intégration logicielle soit nouvelle pour un laboratoire qui utilise actuellement un processus de travail traditionnel, des formations logicielles sont disponibles et les interfaces numériques sont conçues pour être intuitives et similaires aux étapes des processus traditionnels.

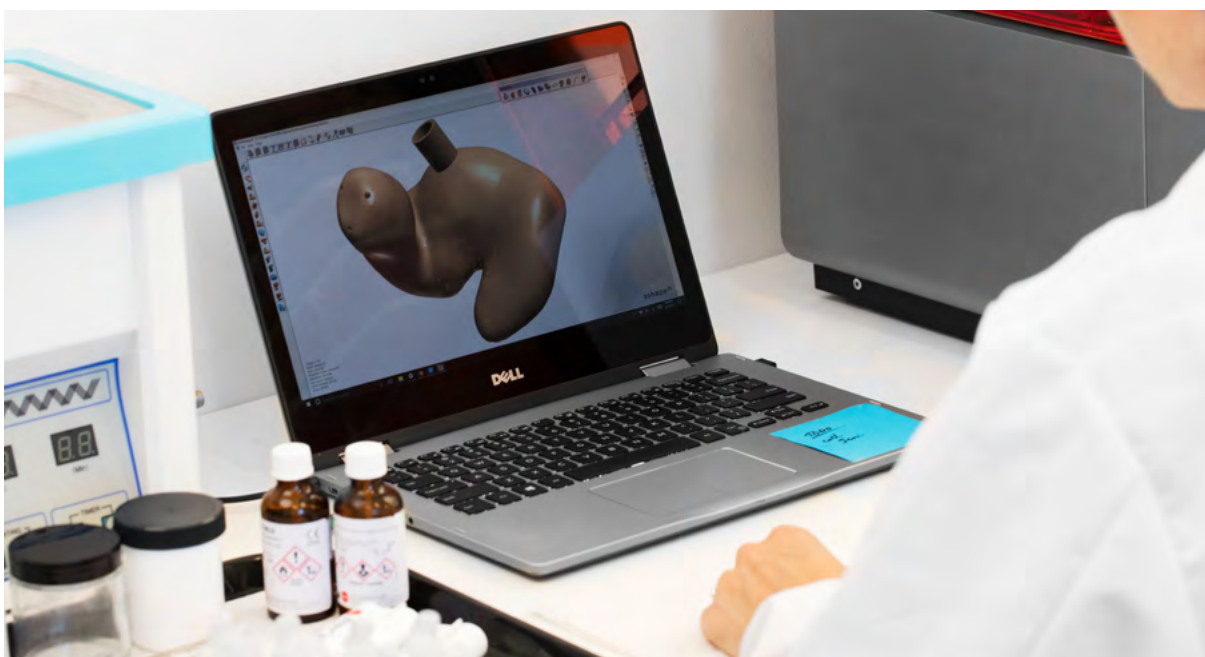


Fig. 6 : Modifier le fichier dans le logiciel d'audiologie EarMouldDesigner de 3Shape.

Qu'est-ce qui doit être modifié dans l'empreinte d'origine ?

Un embout auriculaire parfaitement ajusté a rarement la forme exacte de l'empreinte d'origine. Toutes les sections erronées ou rugueuses de l'empreinte sont lissées et du matériau est souvent ajouté de manière à augmenter l'épaisseur totale de l'embout auriculaire et à assurer ainsi un ajustement serré. L'objectif de cette opération est le même que celui de l'ajout de couches de cire à l'empreinte dans le procédé de fabrication traditionnel, ce qui augmente le volume global avant de réaliser le moulage final. De plus, si la coque doit être injectée avec un autre matériau, comme c'est le cas dans cet exemple, le moule doit être creux et des petits trous de drainage doivent être ajoutés dans la coque pour permettre à la résine de s'écouler après l'impression et à l'air et au silicone de s'échapper pendant l'injection. Un cône d'injection est ajouté dans un emplacement soigneusement sélectionné pour permettre une injection aisée dans la coque, ainsi qu'un support d'impression potentiel pour remplacer les structures de supports générées par PreForm. Il est possible d'ajouter à chaque coque un nom et un identifiant pour le suivi et pour distinguer les embouts droit et gauche.



Fig. 7 : Modifier le fichier dans PreForm.

4. PRÉPARER L'IMPRESSION

Exportez le fichier du logiciel d'embouts auriculaires sous la forme d'un fichier STL et chargez-le dans [PreForm](#), le logiciel gratuit de préparation de fichiers pour impression sur les imprimantes 3D Formlabs. Sélectionnez simplement la bonne orientation en utilisant l'outil de sélection de surface, et générez et modifiez les structures de support nécessaires. Il est essentiel de veiller à ce que l'option « Build Internal Supports » (Fabriquer des supports internes) ne soit pas cochée pour éviter que des supports internes ne remplissent la coque creuse.

Impression des couches



Caractéristiques internes

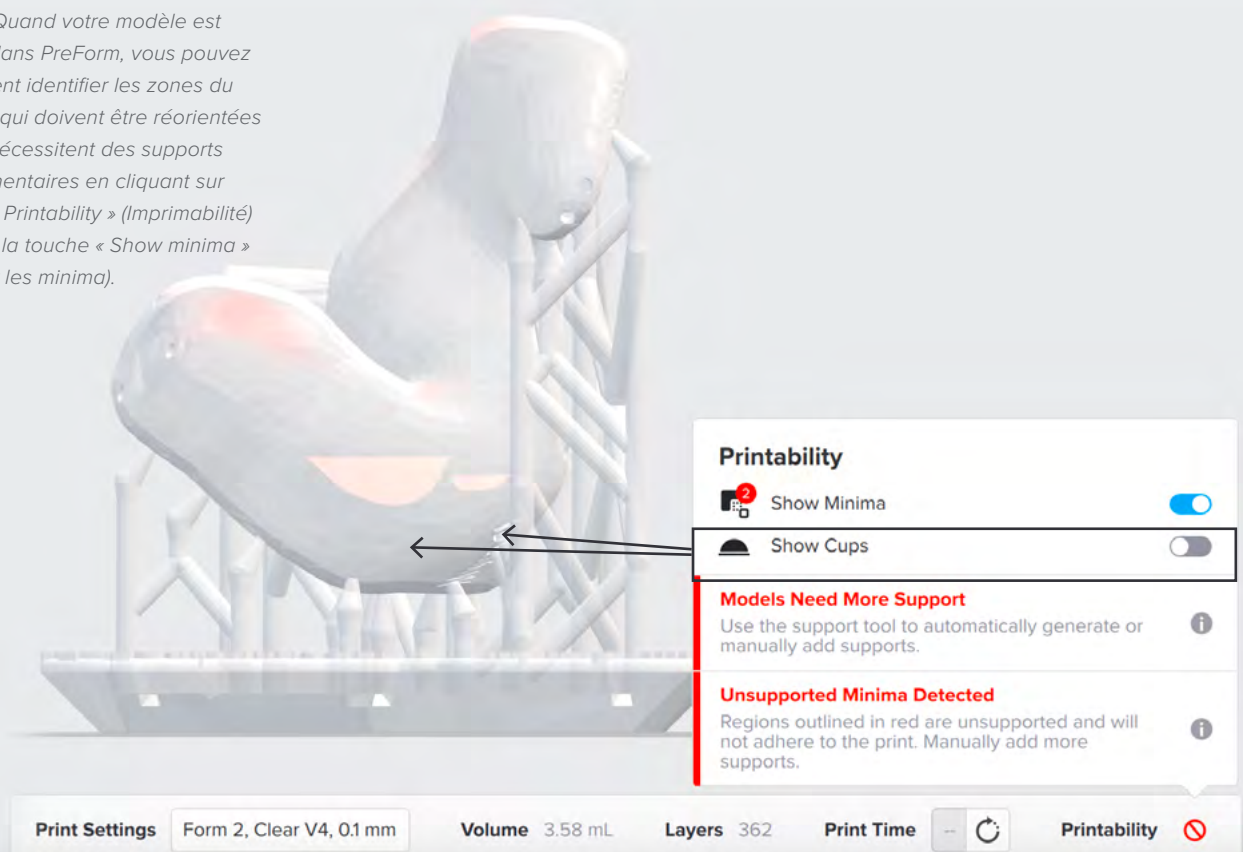
Fig. 8 : Schéma de l'impression des couches d'un modèle et d'un élément interne qui ne peut pas avoir de supports.

L'orientation est la clé du succès de l'impression 3D des pièces de forme organique comme les embouts auriculaires. En impression SLA, il est important de veiller à ce que chaque couche imprimée soit maintenue de manière adéquate par la couche précédente. Si un élément n'est pas attaché à une structure de support ou à une couche précédente, il ne va pas s'imprimer correctement. Ceci est souvent un problème pour les surplombs et les éléments internes, quand un élément non soutenu est en surplomb en dessous du point de connexion.

Une section sans structures de support est souvent appelée « îlot d'impression », car elle ressemble à une île flottant dans l'océan sur la vue couche par couche de la pièce découpée dans PreForm. PreForm peut maintenant identifier les îlots d'impression sans structures de support, aussi appelés « minima ». Avec votre modèle ouvert dans PreForm, cliquez sur l'icône « Printability » (Imprimabilité) et deux options apparaissent : « Show minima » (Afficher les minima) et « Show cups » (Afficher les cavités). Cliquez sur la touche « Show minima » (Afficher les minima) pour afficher tout minima sans support. En utilisant cette fonctionnalité, vous pouvez facilement identifier les zones du modèle qui doivent être réorientées ou qui nécessitent des supports supplémentaires.

Les problèmes d'îlots d'impression sont souvent résolus en construisant des supports en dessous, du moins pour les éléments externes. Cependant, les éléments internes ne devant pas comporter de supports, les îlots d'impression internes doivent donc être corrigés en changeant l'orientation de la pièce.

Fig. 9 : Quand votre modèle est ouvert dans PreForm, vous pouvez facilement identifier les zones du modèle qui doivent être réorientées ou qui nécessitent des supports supplémentaires en cliquant sur l'icône « Printability » (Imprimabilité) puis sur la touche « Show minima » (Afficher les minima).



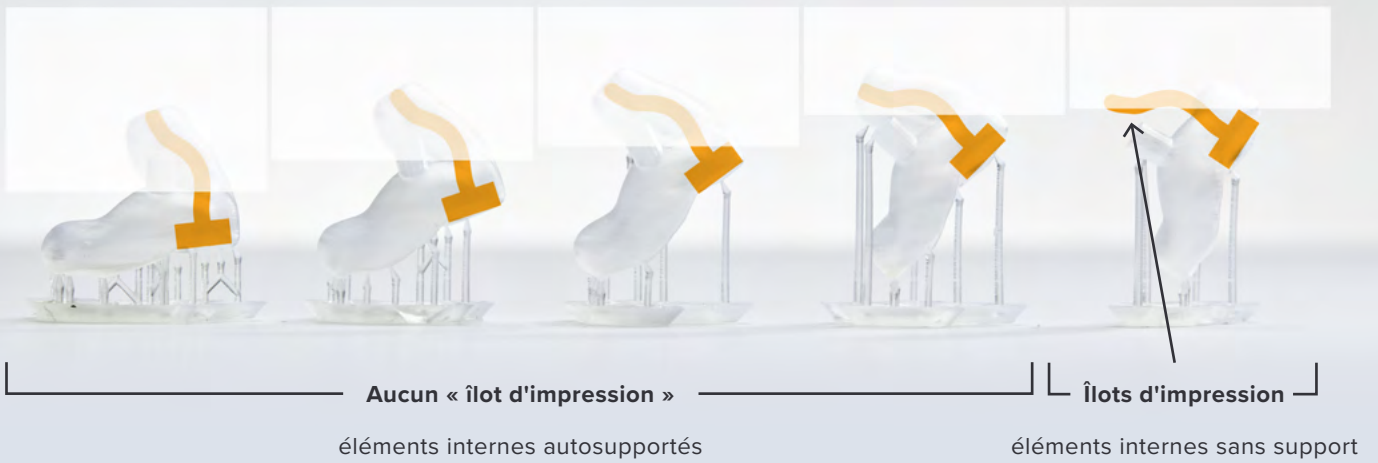


Fig. 10 : Ces cinq impressions sont identiques, mais l'orientation peut déterminer la réussite de l'impression. Les quatre impressions sur la gauche vont s'imprimer sans problème, mais la cinquième est orientée de telle sorte que l'élément interne crée un îlot d'impression.

Le [guide de conception Formlabs](#) donne des instructions générales d'orientation, mais l'orientation des formes organiques comme celles-ci s'apprend rapidement par expérience, en imprimant différents styles d'embouts.

PreForm génère des supports optimisés pour une impression réussie, mais il est également possible d'imprimer directement sur la plateforme de fabrication, si la géométrie de la pièce le permet. Le cône d'injection peut être positionné à un emplacement qui soutient la pièce, comme le ferait un support. Cela peut fonctionner tant qu'il n'y a pas d'îlots d'impression (sur les éléments externes ou internes) et pas de surplombs importants, ce que PreForm affiche en rouge vif. Remarquez également que l'utilisation du cône d'injection comme support limite son positionnement à un emplacement adapté à ces limitations géométriques. L'emplacement idéal du cône d'injection peut ne pas être un emplacement de support idéal.



Fig. 11 : À gauche, une impression réussie d'une coque d'embout auriculaire, en utilisant le cône d'injection comme support et, à droite, la même coque d'embout auriculaire avec le cône d'injection à un emplacement différent, soutenu par les supports générés par PreForm.

5. IMPRESSION 3D

Une fois que le fichier est prêt dans PreForm, insérez une cartouche Clear Resin standard et un bac à résine dans votre imprimante. Les résines standard de Formlabs produisent des impressions de grande qualité, car ces résines non polymérisées présentent une viscosité relativement basse pour faciliter le nettoyage des cavités internes. Le matériau final possède également des propriétés mécaniques optimales pour le retrait de la coque après l'injection de silicone. Une plateforme de fabrication complète nécessite entre deux et cinq heures pour imprimer à l'épaisseur de couche recommandée de 100 microns, mais le temps d'impression varie bien entendu en fonction de la géométrie de l'empreinte et du style de coque.

Formlabs propose également un matériau biocompatible adapté aux embouts auriculaires : BioMed Clear Resin. Ce matériau puissant permet aux fabricants d'imprimer des embouts auriculaires et des coques dans un matériau acrylique biocompatible dur et résistant aux chocs. Pour en savoir plus, consultez notre page sur les matériaux.

« La qualité de BioMed Clear Resin à 100 µm sur la Form 3B est incroyable ! Les noms en relief ressortent parfaitement et la qualité générale de la surface est excellente.

C'est vraiment une réussite. »

Justin Stack

Fondateur de The Listening Stack



Fig. 12 : Cette plateforme de fabrication complète de coques d'embouts auriculaires est imprimée en environ 3,5 heures avec des couches de 100 microns d'épaisseur.

6. NETTOYER LES PIÈCES IMPRIMÉES EN 3D

Inspectez visuellement les pièces imprimées pour vous assurer qu'elles ne présentent pas de défauts, puis trempez et agitez les pièces dans un bain d'alcool isopropylique. Après un premier rinçage, placez les coques dans le panier de la Form Wash rempli d'alcool isopropylique propre et lavez les pièces pendant 15 minutes. En fonction de la géométrie de la coque et de la taille du trou de drainage (un diamètre d'au moins 1 mm est recommandé pour faciliter le nettoyage), il peut également être nécessaire de nettoyer la coque avec une seringue remplie d'alcool isopropylique.



Fig. 13 : Nettoyer les impressions dans une Form Wash.



Fig. 14 : Injection d'alcool isopropylique dans la pièce imprimée pour retirer toute la résine non polymérisée.

Si vous lavez les pièces manuellement, veillez à bien les agiter ou à utiliser un bain à ultrasons pour bien retirer toute la résine non polymérisée.

Toute résine laissée sur la surface intérieure de la coque peut entraîner des épaisseurs de coque imprécises lorsque les impressions sont post-polymérisées, ou un résidu collant si les impressions ne sont pas complètement polymérisées, ce qui nuit à la qualité finale de l'embout auriculaire en silicone. Pour vous assurer que toute la résine liquide résiduelle est retirée, soufflez les coques avec de l'air comprimé après le lavage.

7. POST-POLYMÉRISER LES PIÈCES IMPRIMÉES

Une fois les coques suffisamment lavées et séchées, post-polymérisez les pièces pendant au moins 15 minutes à 45–60 °C. Bien que la post-polymérisation ne soit pas requise pour les résines standard de Formlabs, il est avantageux dans ce processus de veiller à ce que toute la résine résiduelle qui pourrait être retenue à l'intérieur de la pièce soit complètement post-polymérisée pour que l'embout en silicone moulé dans la coque soit bien lisse. La post-polymérisation peut également augmenter la fragilité d'un matériau imprimé, ce qui est bénéfique dans cette application pour le retrait ultérieur de la coque dans le processus. En raison de la forme organique des embouts auriculaires, il est nécessaire de post-polymériser en effectuant une rotation complète des pièces afin de garantir que toutes les zones de la coque soient totalement post-polymérisées. La Form Cure de Formlabs tourne automatiquement les pièces sur son plateau rotatif et fonctionne bien pour cette application. Pour les solutions de post-polymérisation statiques, vous devrez peut-être retourner ou faire pivoter la pièce à mi-parcours pour obtenir une post-polymérisation uniforme.

Fig. 15 : Post-polymérisation des impressions finales avec une Form Cure.

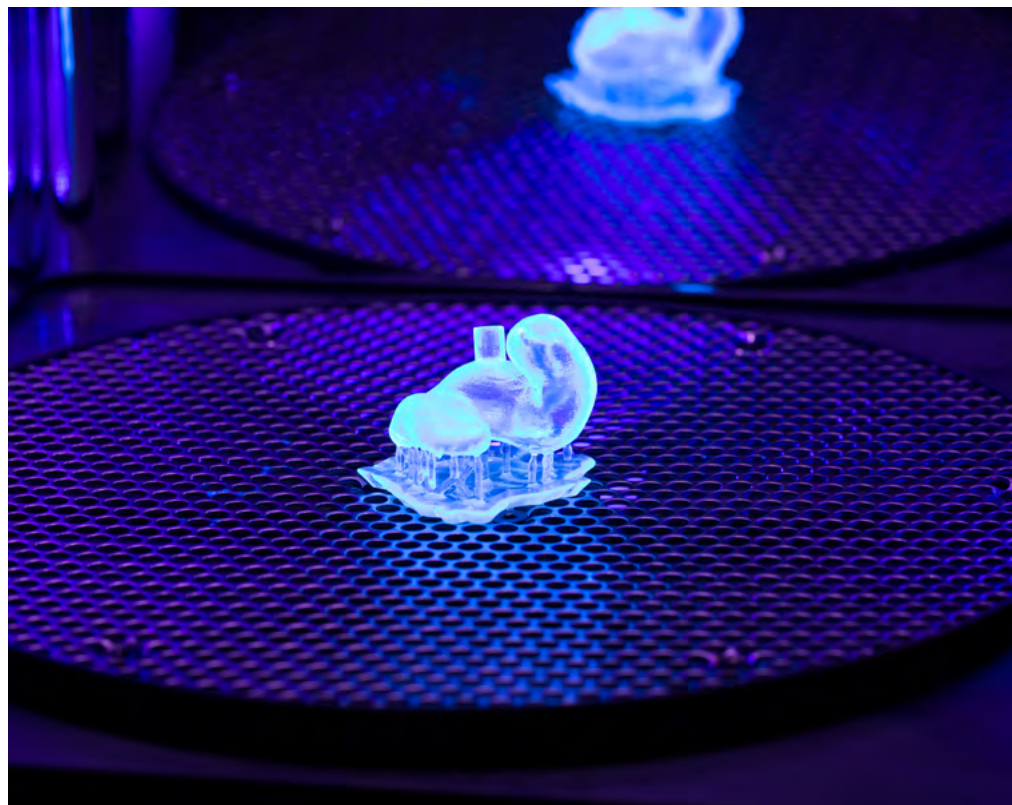
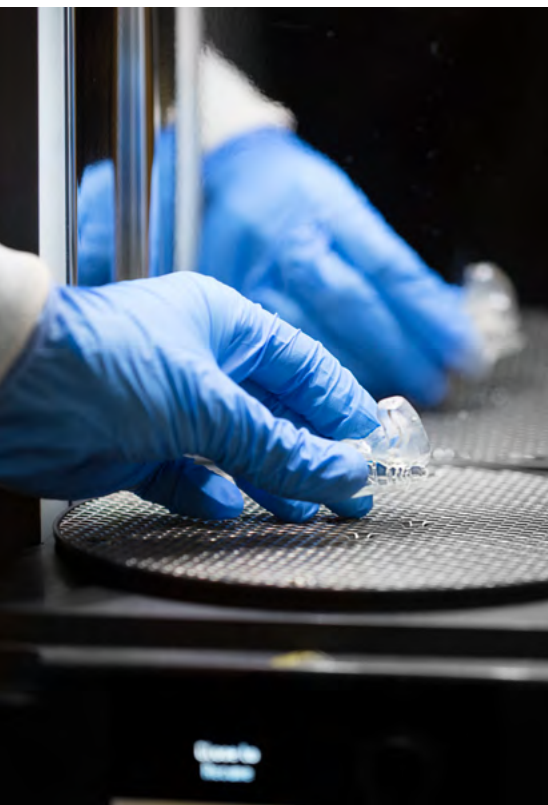




Fig. 16 : Injection du silicone BioPor® AB 40 Shore de Dreve dans la coque imprimée.



Fig. 17 : L'embout auriculaire de gauche a été post-polymérisé dans une Form Cure, sans pression. De toutes petites bulles dans le silicone donnent aux embouts auriculaires une apparence légèrement opaque. L'embout auriculaire de droite était sous pression pendant la polymérisation du silicone, il n'y a donc pas de bulles.

8. INJECTER DU SILICONE DANS LA COQUE IMPRIMÉE

Les coques imprimées en 3D sont maintenant prêtes pour l'injection de silicone.

Chargez la cartouche de matériau dans un pistolet à injection et fixez un embout mélangeur (spécifique au matériau) sur la cartouche d'injection. Les embouts mélangeurs sont nécessaires pour garantir que les deux composants du silicone soient correctement mélangés avant d'être injectés. Injectez le silicone lentement dans chaque coque, en veillant à remplir toutes les cavités et toutes les poches.

Le silicone injecté se trouve dans une cartouche hermétique et la plupart des bulles d'air devraient s'échapper de la coque lors de l'injection, mais des microbulles presque invisibles à l'œil nu peuvent rester piégées dans le moule. De petites bulles peuvent également se former sur la surface extérieure de l'embout auriculaire s'il y a de la résine non polymérisée sur la surface intérieure de la coque. Pour obtenir un produit de grande qualité et le plus résistant possible, éliminez ces bulles d'air en plaçant le moule immédiatement après injection dans un récipient pressurisé à une pression de 40 à 60 psi pendant 25 à 30 minutes. Les autocuiseurs domestiques ne peuvent généralement pas atteindre cette pression en toute sécurité. C'est pourquoi il faut utiliser des équipements industriels comme les unités de polymérisation sous pression Polymax de Dreve. Il s'agit du même équipement et du même procédé que ceux généralement mis en œuvre pour le procédé de fabrication traditionnelle par moulage d'embouts auriculaires en silicone. La pression va pousser toutes les bulles en dehors du silicone.

Le silicone polymérise plus rapidement si la température est élevée. Augmentez la température pendant la mise sous pression (si le récipient pressurisé utilisé a cette fonctionnalité) pour augmenter la vitesse de polymérisation. Si vous n'utilisez pas de récipient pressurisé, placez le moule dans une Form Cure pendant cinq minutes à 60 °C pour bien polymériser le silicone.

Si les pièces ont des supports, il est préférable de retirer ceux-ci avant l'injection en utilisant la pince coupante du [Finish Kit Formlabs](#). Cela permet de voir plus facilement comment la coque imprimée se remplit et si des bulles d'air se forment. Cependant, il peut aussi être plus facile d'utiliser les supports pour tenir la pièce pendant l'injection. Le moment du retrait des supports dépend largement des préférences personnelles et de la facilité d'injection de la coque en fonction de sa géométrie.



Fig. 18 : Retrait des supports avec une pince coupante.

Quel matériau d'injection ?

Les embouts auriculaires souples sont généralement fabriqués avec un silicone biocompatible spécifique à l'audiologie, bien que d'autres matériaux soient également disponibles. Les silicones à injecter sont présentés en cartouches à deux composants qui sont mélangés pendant l'injection. Il existe divers types de silicones sur le marché. Leurs principales différences sont la dureté, la couleur et l'opacité. La dureté du silicone est mesurée en dureté Shore. La dureté Shore typique pour des embouts auriculaires souples sur mesure varie entre 20 et 70 Shore A. Plus elle est faible et plus le matériau est souple. La lettre représente l'échelle de l'essai de dureté (A pour les matériaux plus souples et D pour les plus durs). Detax et Dreve sont deux des principaux fabricants de silicone pour embouts auriculaires.

9. CASSER LA COQUE

Une fois le silicone complètement polymérisé, la coque est facile à retirer. On peut casser la coque selon plusieurs méthodes. On le fait généralement en comprimant le moule dans une presse ou avec une pince. Retirez les pièces de la coque à la main ou avec une pincette. Répétez ces deux étapes jusqu'au retrait complet de la coque.

Remarque : Cette étape doit être effectuée avec beaucoup de soin pour éviter que le silicone souple ne soit endommagé lors du retrait de la coque, car des morceaux de coque pourraient percer ou déchirer le moule en silicone. Avec l'expérience, les laboratoires de moulage développent des techniques efficaces de retrait des coques. Comme on peut s'y attendre, les moules nécessitent des techniques de casse et de retrait de la coque différentes selon leur géométrie. Les protections auditives en silicone avec filtres à décibels ou canaux internes nécessitent une étape spécifique de retrait de la coque, car les composants internes imprimés doivent être soigneusement retirés du moule en silicone.

Si le moule en silicone reste collant, le silicone n'est pas complètement polymérisé (probablement à cause de la résine non polymérisée restée dans la coque imprimée, ce qui peut empêcher le silicone de polymériser). Placez l'embout auriculaire en silicone dans une Form Cure pendant 5 à 10 minutes à 60 °C pour terminer la polymérisation. Vous pouvez aussi polymériser le silicone en laissant l'embout auriculaire à température et pression ambiantes pendant 8 à 12 heures. Cette polymérisation supplémentaire n'est généralement pas nécessaire et peut être évitée en suivant un régime de nettoyage optimal.



Fig. 19 : Casse et retrait de la coque de l'embout auriculaire.

10. FINITION DE L'EMBOUT AURICULAIRE

Une fois la coque retirée, inspectez le moule pour voir s'il présente des défauts qui ne pourraient pas être éliminés par le processus de finition. Si tout à l'air correct, le moule est prêt pour l'étape de finition. Utilisez une pince coupante pour retirer les petits morceaux de silicone qui se sont fauflés dans les trous de drainage pendant l'injection et le morceau de silicone laissé par le cône d'injection sur le moule. Ensuite, pour obtenir une finition de surface optimale, rectifiez, poncez et polissez le moule jusqu'à ce que toutes les surfaces soient parfaitement lisses.

Un tour de table ou une Dremel à manche flexible sont généralement utilisés pour polir le moule. Il est essentiel que l'outil dispose d'une vitesse variable pour optimiser le contrôle de l'opération. Choisissez des ébavureurs, pinces coupantes et outils spéciaux pour la finition de matériaux souples et malléables comme le silicone. Le papier de verre de grain moyen et les têtes de meulage fonctionnent bien. Les pinces coupantes à grande inclinaison ont tendance à déformer le silicone sans enlever le matériau. Vous pouvez généralement vous procurer les outils de finition recommandés auprès de fabricants et de fournisseurs de matériel d'audiologie. The Listening Stack se procure tous ses outils de finition auprès d'un fournisseur américain, Warner Tech-Care Products, LLC. En raison de la malléabilité du silicone, la finition est relativement difficile et une erreur au cours de cette étape peut facilement entraîner des déchirures. Il est donc indispensable de disposer d'outils optimaux. Le silicone attire également facilement la saleté et la poussière, de sorte qu'il est préférable que la finition soit la plus réduite possible. Les pièces imprimées avec les imprimantes Formlabs présentent une finition de surface de haute qualité, directement en sortie de l'imprimante. Par conséquent, le ponçage n'est nécessaire que sur les emplacements où des morceaux de silicone ont été coupés sur l'embout auriculaire, et ne devrait prendre que quelques minutes.



Fig. 20 : Finition de l'embout auriculaire en silicone avec du papier de verre de grain moyen sur une Dremel à manche flexible.



Fig. 21 : Revêtement du silicone avec de la laque Lack B eco finishing de Dreve.

Une fois que le moule est bien lisse, appliquez une laque de finition pour sceller le silicone et garantir propreté et confort d'utilisation à long terme. Il existe de nombreux types de vernis disponibles pour différentes utilisations et finitions de surface. La laque peut être appliquée au pinceau, par trempage ou par pulvérisation à l'aide d'une machine automatique. Elle permet d'obtenir une surface facile à nettoyer, durable, et biocompatible au contact avec la peau. Selon le type de revêtement choisi, le moule imprimé peut polymériser dans des conditions ambiantes ou peut nécessiter une post-polymérisation supplémentaire.



Fig. 22 : Vérification de l'ajustement de l'embout auriculaire.

11. VÉRIFIER L'AJUSTEMENT

Inspectez le produit final pour voir s'il présente des défauts et essayez le moule sur le patient pour vérifier l'ajustement et les propriétés de protection auditive. Assemblez enfin les autres composants au moule, comme des tubes ou des appareils électroniques, si nécessaire. Après l'assemblage, l'inspection et la vérification de l'ajustement, le patient peut repartir avec ses nouveaux embouts auriculaires sur mesure.

Conclusion

La fabrication d'embouts auriculaires personnalisés par impression 3D a révolutionné le monde de l'audiologie, mais l'accès à la technologie s'est largement limité à quelques grands laboratoires d'audioprothèse. Les laboratoires et entreprises de petite taille ont soit continué à utiliser la méthode de fabrication traditionnelle, soit externalisé la fabrication de leurs moules sur mesure auprès de ces grands acteurs.

L'intégration d'une imprimante Formlabs dans le procédé de fabrication a permis à des petites entreprises, comme The Listening Stack, de profiter des avantages d'un processus numérique et de l'impression 3D des embouts auriculaires sur mesure. Plus important encore, l'utilisation du processus numérique en interne a permis à The Listening Stack d'économiser 40 % sur ses coûts de fabrication par rapport à la sous-traitance, et d'éliminer plus de la moitié du travail de retouche qu'ils avaient à effectuer, et ce sans compromettre la qualité et pour un investissement très faible.

La transition vers un processus numérique a nécessité une formation et des coûts initiaux, mais une fois la transition achevée, Justin estime que l'impression en interne sur une imprimante Formlabs a réduit le nombre de reprises de 20 % à moins de 8 %.

Réduction du nombre de reprises avec les imprimantes Formlabs

DE
20 %

À MOINS DE
8 %





Fig. 21 : Plateforme de fabrication avec différents styles d'impression pour l'injection de silicone.

En savoir plus

La petite taille de la cuve de l'imprimante et son prix abordable offrent également des avantages aux grands laboratoires de production. Plusieurs imprimantes peuvent être intégrées à un parc d'imprimantes ou à un système Form Cell, pour imprimer plusieurs plateformes de fabrication à la fois grâce à un processus automatisé à haut rendement.

« Au fur et à mesure que la demande augmente, nos besoins en production de qualité extrêmement efficace augmenteront également. Je peux acheter 10 imprimantes Formlabs pour le prix d'une seule imprimante 3D industrielle, et avec Form Cell, le travail est moins fastidieux. C'est vraiment une évidence ! »

Justin Stack

Fondateur de The Listening Stack

The Listening Stack espère développer sa fabrication et passer à un système Form Cell au cours des prochaines années. Vous souhaitez en savoir plus sur ce que l'impression 3D SLA de bureau peut faire pour votre laboratoire ? Rendez-vous sur le site internet de Formlabs et contactez l'équipe commerciale.