

La prothèse de Sylvie

Cette article a pour but de montrer les différentes étapes de fabrication de la prothèse.

Suite à un accident de la voie publique Sylvie PETIT est amputée du bras droit. Elle dispose d'une prothèse fournie par la sécurité sociale qui se limite à une simple pince et s'avère peu pratique. Sylvie, " *Imaginez vous vivre avec un gant de boxe* ".

Dans un documentaire diffusé sur France 2, Sylvie voit Nicolas HUCHET et sa prothèse imprimé en 3D au FabLab de Rennes. Cette prothèse semble être plus ergonomique que la sienne. Avec son mari Thierry, ils décident de se rendre au FabLab de Rennes pour rencontrer Nicolas. Ensemble ils discutent de son handicap. L'adaptation d'une prothèse similaire à celle de Nicolas est envisageable, elle est orientée vers le FabLab d'Angoulême " le Crealab ". Fin 2015, Sylvie vient demander de l'aide au Crealab. Elle souhaiterait qu'on lui fabrique une prothèse imprimée en 3D...

Une première équipe composé de Hans PUFAL, Cyril ROUSSEAU, Sylvain GAZEAU, Florent MOUNIER, Jordan RODRIGUES, Pascal HIDALGO et Damien LIBAROS fabriquent un premier prototype sur la base du robot InMoov. Ce premier prototype est trop lourd et peu esthétique. Le projet se retrouve bloqué fin 2016 pour des raisons logistiques...



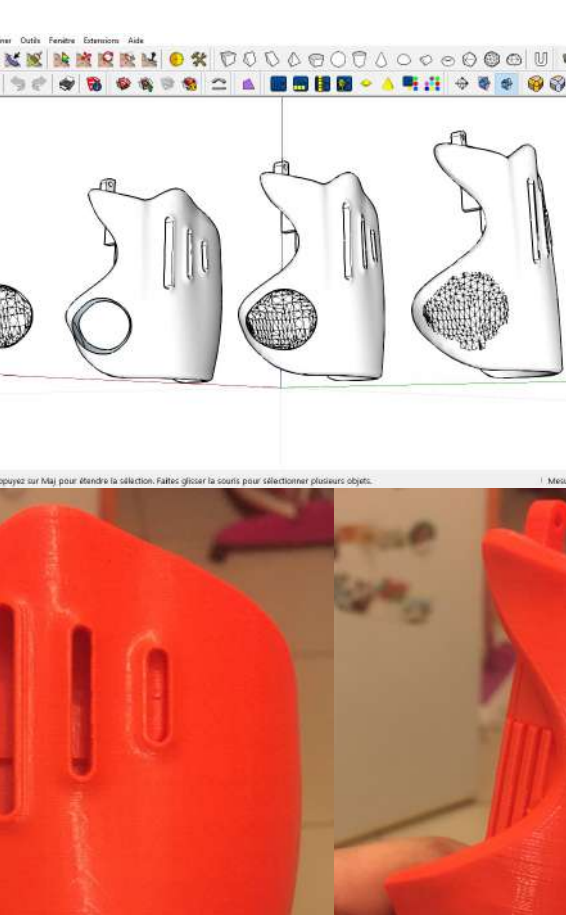
Juin 2017 le projet est repris par Aurélien BISOTTI. Une nouvelle équipe se forme. Aurélien BISOTTI : Chef de projet logistique/ingénieur robotique. Antoine LABBE : Second prototype. Cyrille ROUSSEAU : Ingénieur robotique. Pascal HIDALGO et Damien LIBAROS : Impression 3D et modélisation 3D. Sylvie et Thierry PETIT.

Août 2017, Aurélien nous contact pour savoir si on peut s'occuper de la modélisation et de l'impression de la prothèse. Avec l'aide d'Antoine ils ont déjà imprimés un prototype de la main mais ils ont des difficultés avec le rendu, et certaines pièces. Il faut aussi adapter la main à la prothèse finale...

Il s'agit cette fois ci d'adapter la main *exiii hackberry*, une main bionique japonaise. L'emboîture et le système de rotation du poignet d'une ancienne prothèse de Sylvie sera conservé et adapté à la nouvelle prothèse. La modélisation et les impressions seront faite chez nous pendant notre temps libre.

La main

Le prototype imprimé par Antoine nous a permis de voir les différents points à modifier ou renforcer.



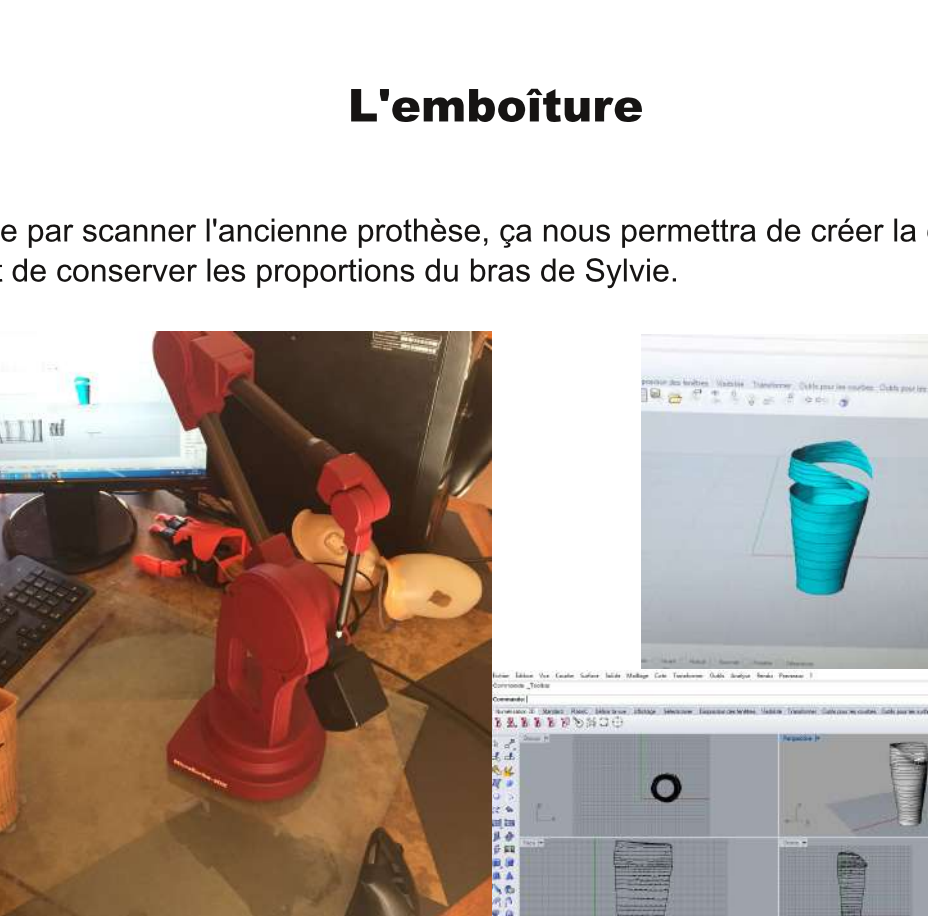
Nous imprimons en FDM et le modèle 3D de la main exiii sur lequel nous travaillons est prévu pour du SLS (deux technologies d'impression 3D différentes), nous avons donc réadapté certaines pièces comme les doigts qui étaient un peu fragiles au niveau des fixations.



L'ouverture pour les connexions sur le coté de la main ne va pas servir, Aurélien nous a demandé de la boucher. On "mastique" le trou sur la pièce imprimée par Antoine et on scanne.



La partie scannée est soudée sur le modèle d'origine puis la pièce est imprimée.



Impression du reste des pièces, montage de la main et test avec l'électronique fourni par Aurélien. Cette étape a pour but de voir si les problèmes rencontrés sur le prototype d'Antoine sont réglés. Tout est OK!

[cliquez ici pour voir la vidéo](#)



La main finie, nous pouvons nous occuper du poignet et de l'emboîture. Pour la jonction du poignet et de l'emboîture nous allons travailler a partir d'une ancienne prothèse de Sylvie. On découpe la coque de l'ancienne prothèse pour récupérer la partie métallique qui permet la rotation du poignet et le passage d'un certain nombre de connexion.

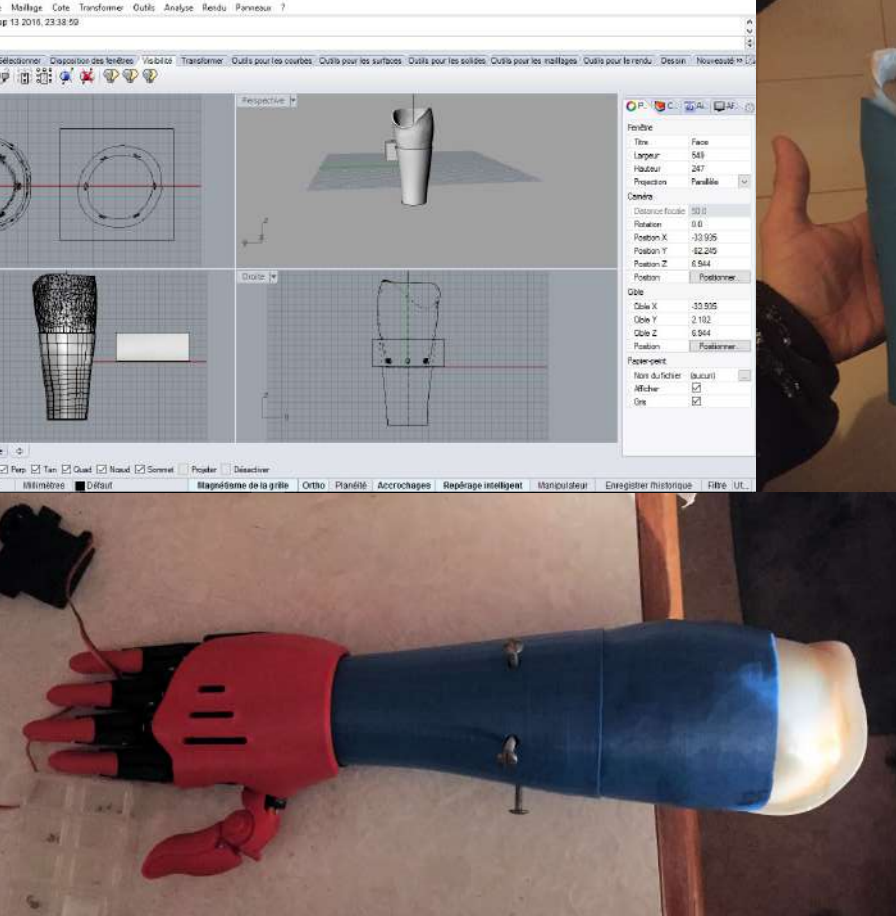
Nous avons choisi d'adapter cette partie en métal sans la modifier afin de permettre à tous ceux qui disposent d'un système proche de celui de Sylvie d'utiliser nos pièces pour faire leurs prothèses sans avoir à travailler le métal.

Le poignet

Platine de test pour la jonction poignet/main.



Modification du dessous de la main exiii pour épaissir la plaque de fixation d'origine et y ajouter notre platine. La pièce sera réimprimée.



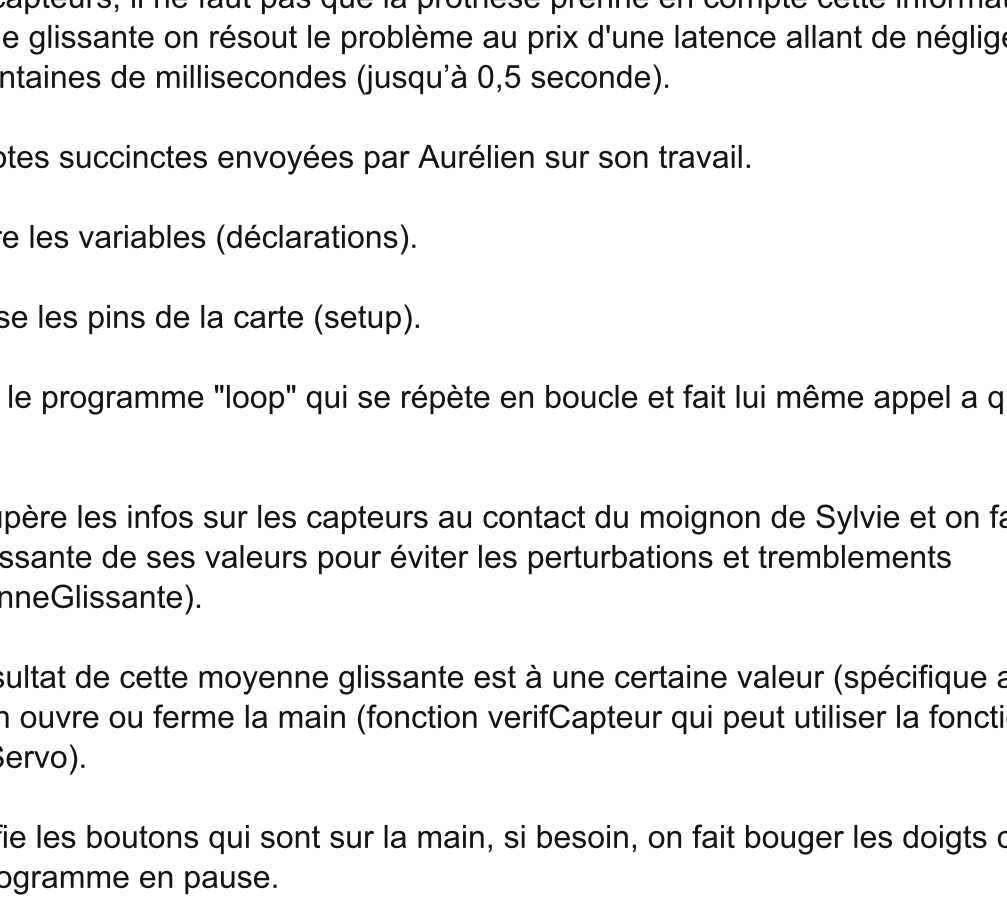
L'emboîture

On commence par scanner l'ancienne prothèse, ça nous permettra de créer la coque de l'emboîture et de conserver les proportions du bras de Sylvie.



La coque de l'emboîture sera maintenu avec 6 vis.

On fabrique un guide pour le perçage des trous puis on perce.



Mise en place du système d'accroche de l'emboîture.



Modélisation et fabrication de la son de l'emboîture à partir du scan. L'emboîture rentre parfaitement dans son logement mais l'emplacement de la batterie nous a gêné lors du scan, ça a créé pas mal de défaut sur le modèle...



On décide donc de découper toute les parties " abîmées ", de les mastiquer puis on scanne la pièce.

On ajoute de quoi fixer la coque au mécanisme du poignet. C'est aussi à cette étape qu'on va déterminer la longueur du bras. Une pièce de test est imprimée pour voir le résultat.

La main, le poignet et la coque de l'emboîture sont finis. Il ne reste plus que l'avant bras à modéliser. Cette partie servira essentiellement de cache.

L'avant bras

Premier test, le rendu n'est vraiment pas terrible...

Rajout de quelques courbes, c'est beaucoup mieux!

Un peu de design, Sylvie verrait bien un effet "dentelle". On opte pour un effet proche du diagramme de Voronoï.

Et enfin prothèse final!

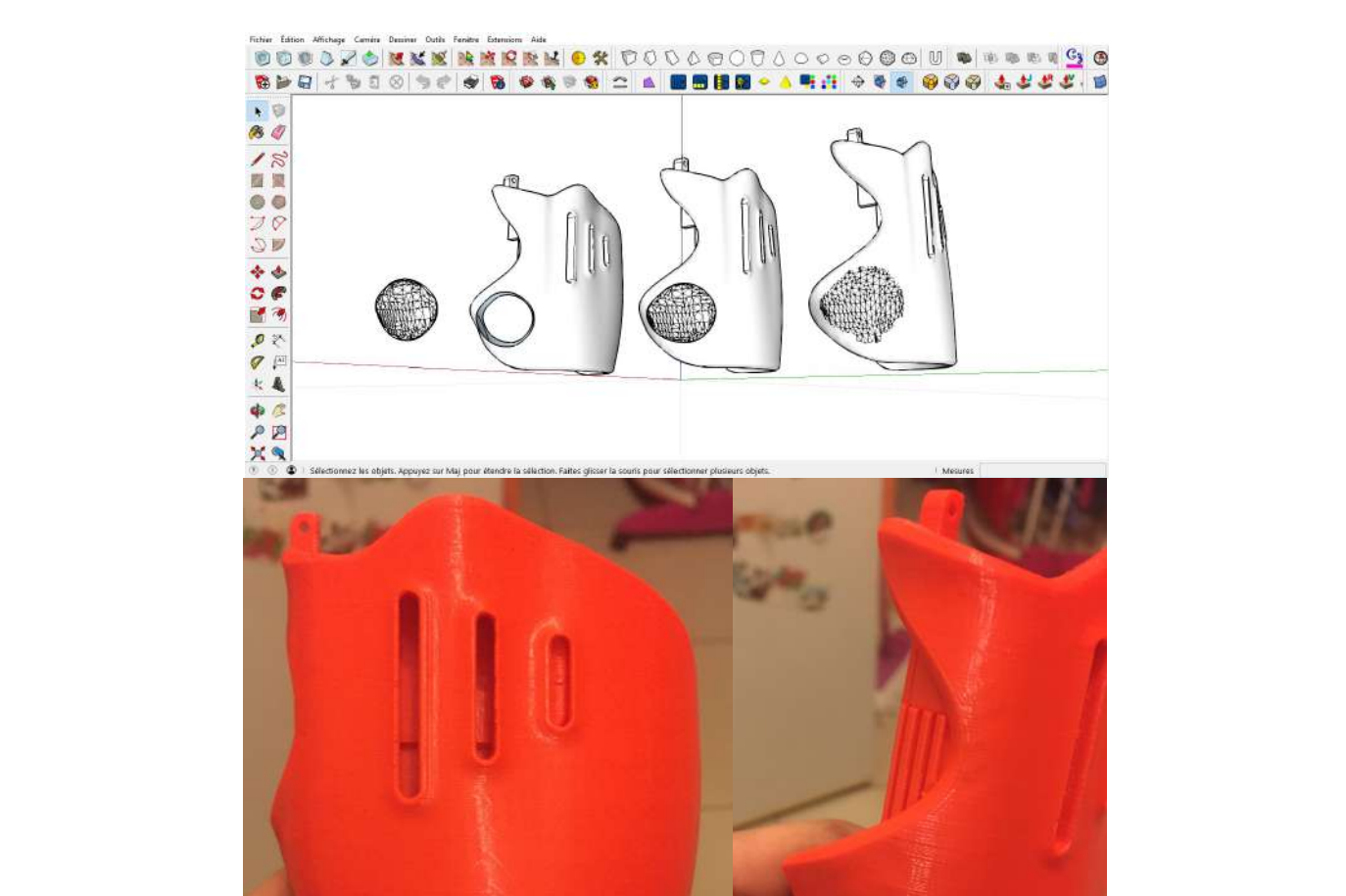
[cliquez ici pour voir la vidéo](#)

Le firmware

Le firmware est un ensemble de ligne de code qui sera intégré à la carte électronique afin de faire fonctionner la prothèse. Aurélien s'est occupé d'écrire le code, il a intégré une fonction qui permet de lisser la valeur des capteurs. Si Sylvie contracte involontairement un muscle (index ou pouce) ou qu'il y a une perturbation au niveau des capteurs, il ne faut pas que la prothèse prenne en compte cette information. Avec une moyenne glissante on résout le problème au prix d'une latence allant de réglageable a quelques centaines de millisecondes (jusqu'à 0,5 seconde).

Quelques notes succinctes envoyées par Aurélien sur son travail.

- 1) On déclare les variables (déclarations).
- 2) On initialise les pins de la carte (setup).
- 3) On rentre le programme "loop" qui se répète en boucle et fait lui même appel a quelques sous fonction.
- 3.1) On récupère les infos sur les capteurs au contact du moignon de Sylvie et on fait une moyenne glissante de ses valeurs pour éviter les perturbations et tremblements (calculMoyenneGlissante).
- 3.2) Si le résultat de cette moyenne glissante est à une certaine valeur (spécifique au moignon de Sylvie) on ouvre ou ferme la main (fonction verifCapteur qui peut utiliser la fonction commandeServo).
- 3.3) On vérifie les boutons qui sont sur la main, si besoin, on fait bouger les doigts concernés ou on met le programme en pause.



Pour télécharger le firmware et les fichiers .stl [cliquez ici](#)

