

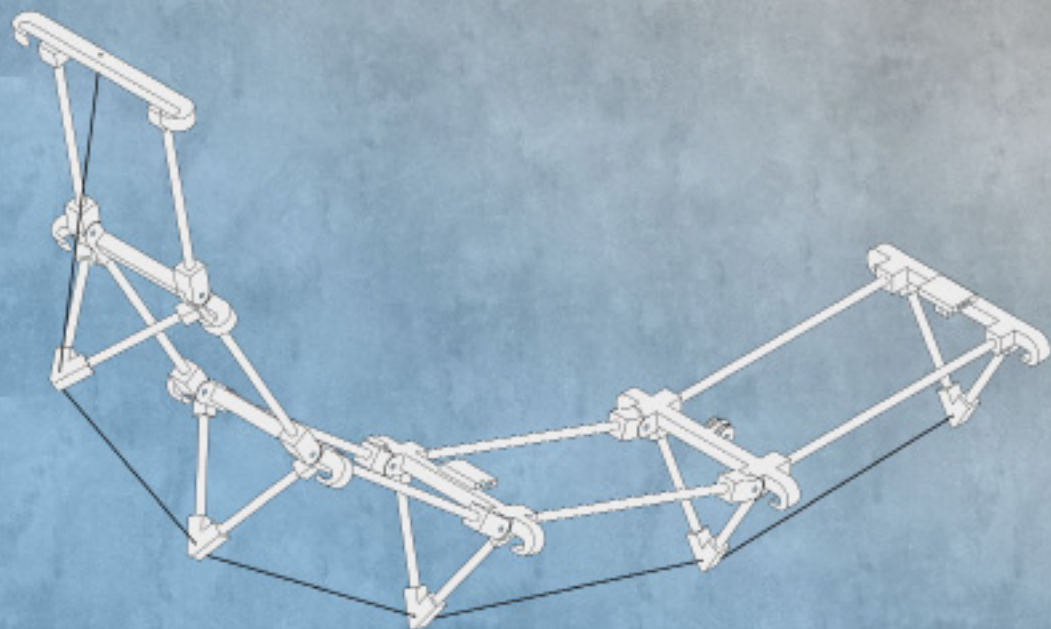
ADRIEN QUAGLIA - 2021

ATELIER DE FABRICATION NUMÉRIQUE - L3

PROTHÈSES

malaquais /

L'EXOSQUELETTE





L'exosquelette

Remerciements

Nous remercions évidemment Adrien Quaglia, encadrant de cet intensif, pour nous avoir permis de réaliser ce workshop dans les meilleures conditions possibles malgré ce contexte de pandémie.

Nous remercions chaleureusement nos deux assistants Imen Ghattassi et Aymeric Mante, pour leur précieux conseils ainsi que leur aide, tout au long de ce processus de conception.

Nous remercions aussi l'ENSA Paris Malaquais sans qui, cette semaine de Workshop n'aurait pas pu avoir lieu.



L'exosquelette

Le Projet

L'objet de cet intensif était de concevoir une prothèse. Notre projet est une excroissance du bras, un exosquelette dont le mécanisme fonctionne à la manière d'une pelleuse ou encore d'une langue de caméléon. Il agit comme un prolongement du bras lorsque celui-ci est tendu et se rétracte lorsque le bras est plié.

La structure est fixée au bras à l'aide de boîtiers reliés à des bandes de scratch. Elle est composée de bâtonnets de hêtre, assemblés avec différents nœuds. À certains endroits, on retrouve des encastements, tandis que les articulations sont assurées par des rotules.

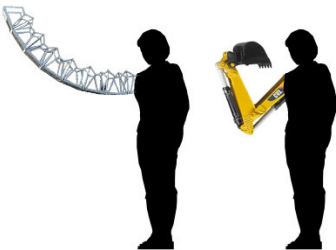
Les forces qui actionnent la rétraction de la structure sont assurées par des élastiques, accrochés aux extrémités opposées de chaque bâtonnets, permettant ainsi au module de se plier.

La structure se déplie lorsque le bras se tend, dans un premier temps à l'aide de la force que lui applique ce dernier, mais également à l'aide d'un fil, qui passe par le sommet des triangles, et que lorsque l'on tire dessus, exerce une force contraire à celle des élastique, entraînant l'expansion de la structure.

Afin de créer ce mécanisme, nous avons donc conçu des nœuds complexes, à l'imprimante 3D, composés de rotules, d'encastements, de crochets pour y accrocher les élastiques et de trous permettant d'y faire passer le fil.

p.2

En haut. Perspective mise en scène de l'exosquelette au quotidien.



Conception

Installation

Après avoir pris connaissance des bases théoriques de la fabrication numérique, de l'utilisation d'imprimante 3D, du sujet et des attentes du Workshop, Notre groupe fut constitué de 4 personnes en présentiel : Bensalem Salma, Hartmann Solène, Li Maëva et Tigoue William, ainsi que de 2 autres personnes en distantiel qui sont donc Diddi Olivia et El Blidi Nour.

Brainstorming

Nous débutons notre travail en effectuant un premier Brainstorming, consacré au choix de notre projet, de son emplacement, de son fonctionnement et de son utilité éventuelle tout en effectuant croquis, recherches et discussion. Ces premières étapes de conception nous ont amené à faire une prothèse/extension mécanique du bras, inspirée du mouvement que l'on retrouve dans une pelleuse, ou plus sérieusement du Rolling Bridge de Londres. Il s'agit donc d'un mouvement rotatif, axé dans une direction.

S'ensuit alors l'étape de conception technique : Comment reproduire ce mouvement naturel et biologique qu'on retrouve aussi chez la langue d'un caméléon par exemple.

Premières expérimentations

De cette première idée, nous avons pu effectuer plusieurs essais en maquette afin de déterminer le mouvement cinématique, les différents mécanismes de translation, rotation et degrés de liberté de la prothèse.

Afin de fixer la prothèse sur le corps, nous avons opté pour 3 attaches en scratch le long du bras : un premier au niveau du biceps, un autre au niveau du coude sur la partie avant-bras et un dernier sur la main. Ces trois emplacements permettent de générer le mouvement de l'objet. Une pièce en impression 3D viendra se poser sur le scratch.

Plusieurs problèmes sont aussi apparus durant nos premières réflexions :

Comment faire pivoter nos baguettes en bois ? En réalisant un système de rotation entre chaque nœud. La structure n'est pas stable. Nous avons ainsi doublé son nombre d'éléments afin de renforcer l'objet. Des éléments de contreventement viendront relier ces deux parties identiques de la prothèse. Comment rabattre l'objet ? A l'aide d'une ficelle attachée à chaque nœud, actionnée grâce à notre main gauche lors du repliement. Comment déployer l'objet cette fois-ci ? Grâce à un système d'élastiques. Comment fixer l'élastique.

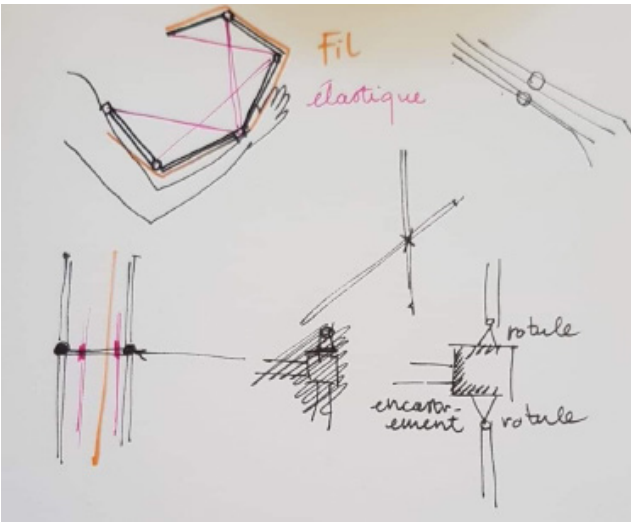
S'en est suivi une réflexion sur le nœud complexe composé de rotules, d'encastements, d'un crochet et d'un trou.

p.4

En haut. « The rolling Bridge »
Heatherwick studio, Londres, 2006

A gauche. Mise en situation d'un prothèse dont le fonctionnement s'apparente au « Rolling Bridge » et une pelleuse.

A droite. Une pelleuse.



p.8

En haut. Photographies des premières maquettes test.

En bas. Premiers croquis.

Conception

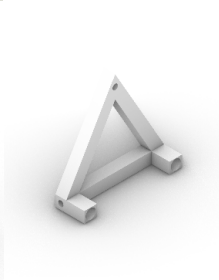
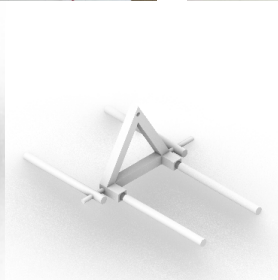
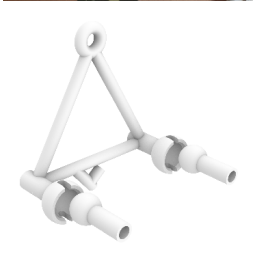
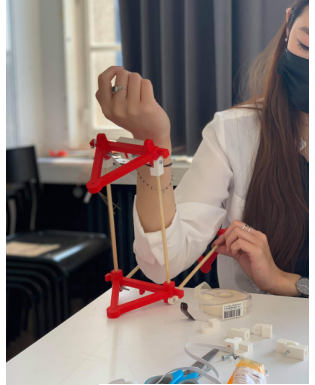
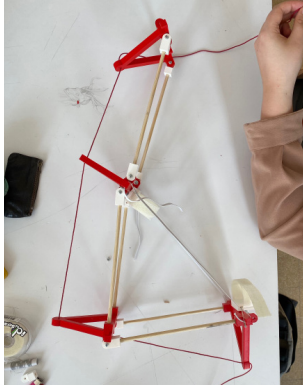
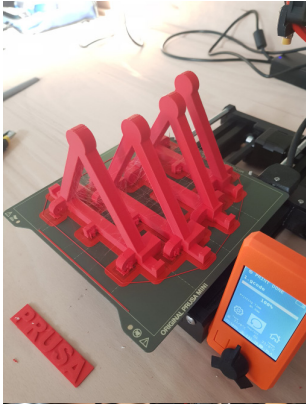


p.9

En haut. Premiers tests de maquettes et de noeud complexe.

En bas. Visualisation du système à plat.





Expérimentations

Tests et Impressions 3D

Nous nous sommes ensuite focaliser sur la modélisation des nœuds, du support de bracelet ainsi qu'à un premier prototypage en impression 3D de pièces.

bras mais sous le bras.

Par la suite, nous avons réalisé une modélisation Grasshopper du système de rotule afin de l'imprimer en 3D. Ce prototype a bien fonctionné malgré la tolérance des trous encore trop importante. Nous l'avons réduit afin de réaliser une deuxième impression.

En parallèle, nous avons déterminé l'inventaire des matériaux nécessaires à la fabrication de la prothèse finale, mais aussi afin d'acheter des échantillons (boulons, baguettes en hêtre, élastiques, fils) pour les prototypes.

Un autre grand axe du travail fut la réflexion et la modélisation du "triangle", nœud unique, complexe de notre objet. Deux versions du triangle sont ensuite parties à l'impression.

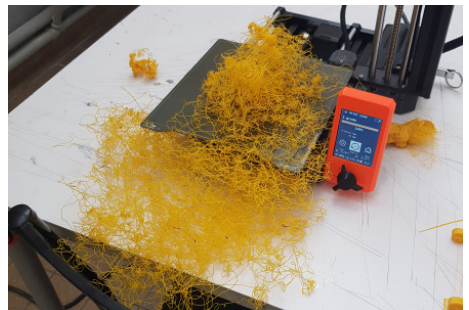
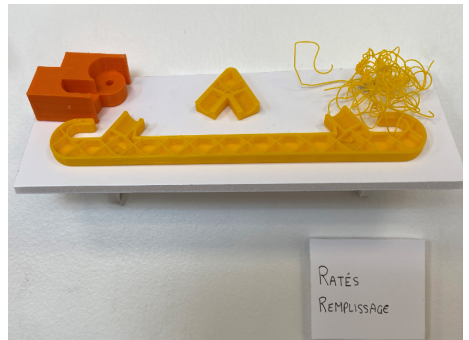
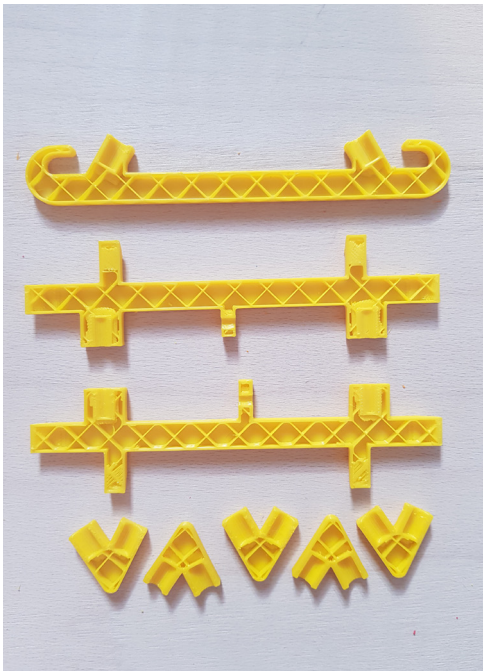
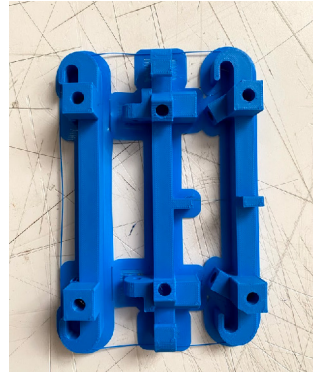
L'un des problèmes rencontrés fut l'encastrement à réfléchir entre support de bracelet et triangle. La manière dont nous l'avons imaginé ne permet pas une utilisation ergonomique et sécuritaire de l'objet. En effet, celui-ci, par manque de stabilité, risquait de se rompre. Ainsi, nous avons décidé d'inverser la structure. Elle ne se pose plus sur le

p.10

En haut. Premiers tests d'impressions.

Milieu. Premier prototype.

En bas. Evolution des nœuds.



Impressions définitives

Optimisation des noeuds

Nous avons par ailleurs entamé l'impression de prototypes finaux avant l'impression finale. Nous avons pu monter un premier prototype entier grâce aux pièces imprimées la veille.

Nous avons ensuite dû faire face à plusieurs problèmes :

- " triangles non optimisés "
Rajouter des baguettes de bois et fragmenter le triangle en deux parties

- Ficelle non optimale. Prévoir des noeuds et calculer la différence de ficelle entre la position ouverte et fermée

- Crochets trop anguleux, qui finissent par bloquer l'élastique.
Arrondir les crochets

- Support difficile à retirer

- Cercles avec trop peu de tolérance

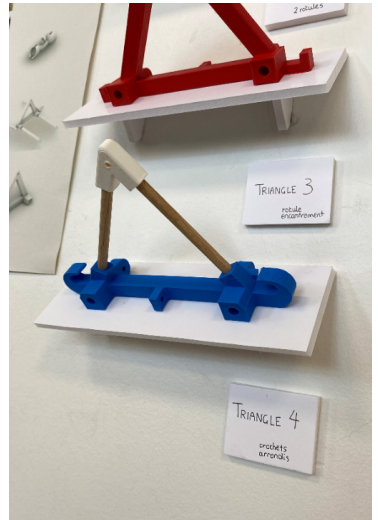
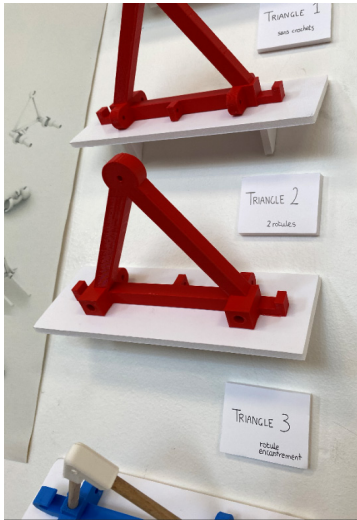
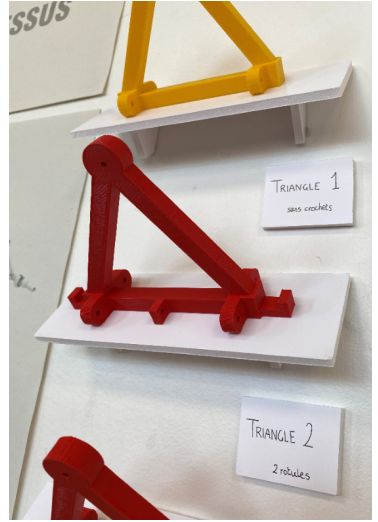
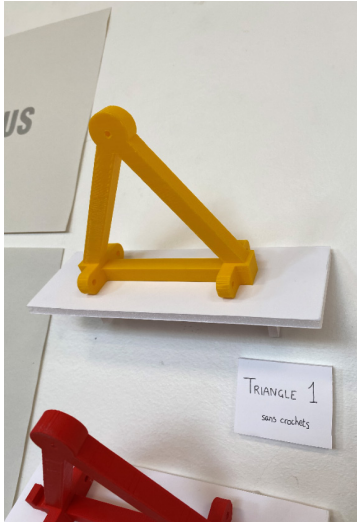
- Rotules qui donnaient trop d'angles de rotation : modification de la rotule afin de créer un angle maximal réduit.

Enfin, les derniers instants avant le rendu ont été consacré, d'une part, à faire les derniers tests en utilisant les pièces imprimées la veille, et d'autre part à produire les documents graphiques pour la présentation de vendredi ainsi que pour le livret.

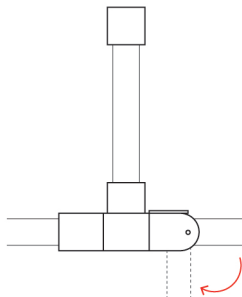
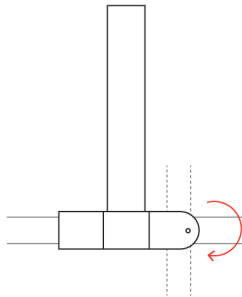
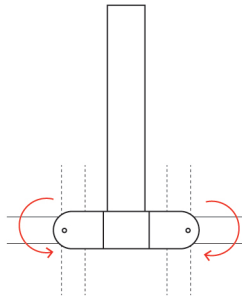
Lors des ces derniers tests, les problèmes rencontrés la veille, à l'exception de la tolérance des percements pour les tiges de hêtre, ont été réglés.

Redimensionner les percements aurait demandé trop de temps, et nous n'aurions donc pas pu lancer nos impressions mercredi soir. Nous avons donc jugé qu'il serait préférable pour nous d'augmenter les dimensions une fois l'impression finie, à l'aide de la perceuse, d'autant que nous avions déjà fait le test mercredi, et que cela prenait relativement peu de temps.

Cependant, nous en avons rencontré un nouveau problème. En effet, il s'est avéré que le système de poulie conçu et imprimé auparavant était inefficace. En effet, il ne permet pas de tirer suffisamment sur le fil pour faire fonctionner le système. Nous avons donc décidé de le supprimer et de tirer manuellement sur le fil.



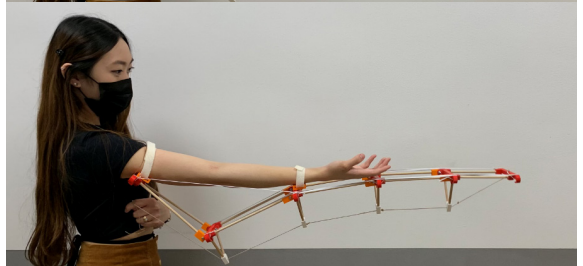
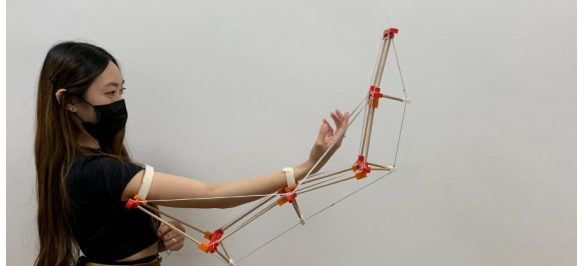
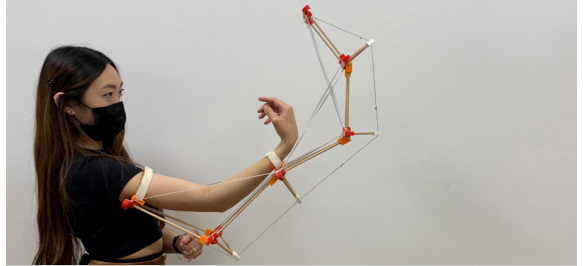
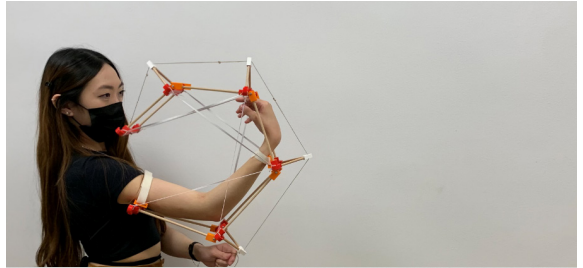
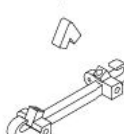
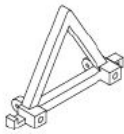
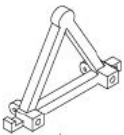
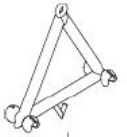
Evolution et schéma statique



p.14 - 15

A gauche. Photographie de l'évolution des différents modèles.

A droite. Schéma statique.



Aboutissement

Assemblage

L'assemblage de cette structure se développe en 3 temps :

en premier lieu vous devez assembler les rotules au nœud principale à l'aide de boulons.

Lorsque vous aurez adapté le degré de rotation qui convient il s'agira d'assembler les éléments entre eux en les insérant dans les trous, préalablement conçu dans le noeuds principaux, les rotules et les bielles (qui sont les petits triangle que vous voyez au bout)

Dernière étapes, il faut ajouter les boîtiers qui permettent d'attacher la prothèse au bras.

Pour aller plus loin

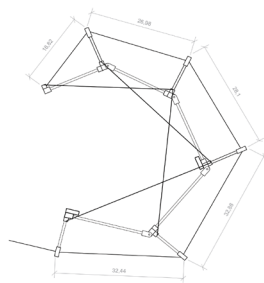
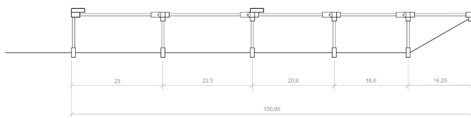
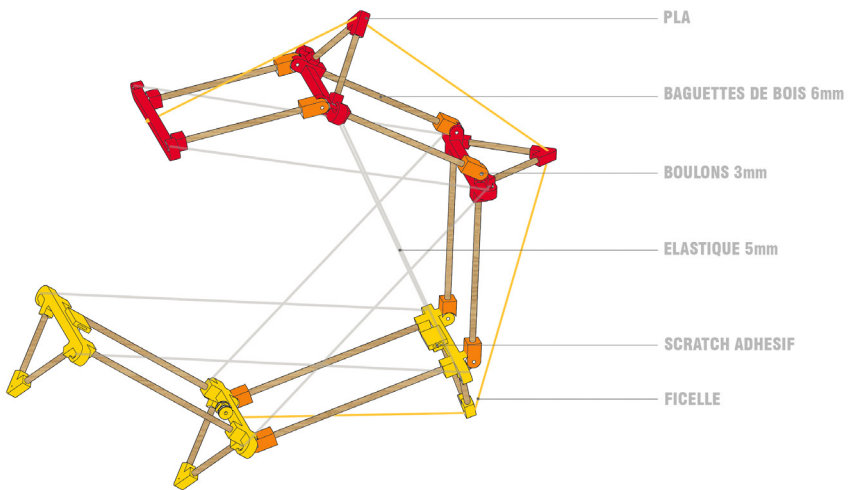
Compte tenu du temps qui nous était imparti, notre système n'est pas encore optimal. En effet, il aurait fallu rajouter des éléments de contreventement afin de bloquer les mouvements de torsion qui pourraient éventuellement survenir dans la structure.

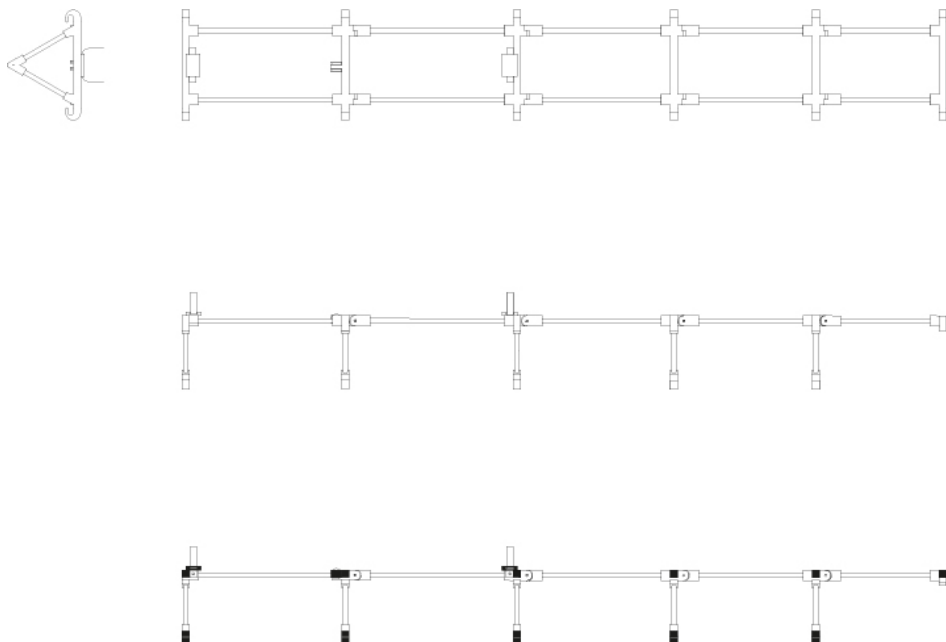
Par ailleurs, puisque tous nos efforts se sont concentrés sur le mécanisme de la structure, nous n'avons pas eu le temps d'approfondir la question du design des pièces autant que nous le voulions.

p.16

A gauche. Axonométrie de l'évolution du noeud complexe et des rotules.

A droite. Série de photos montrant la déployabilité de la prothèse.



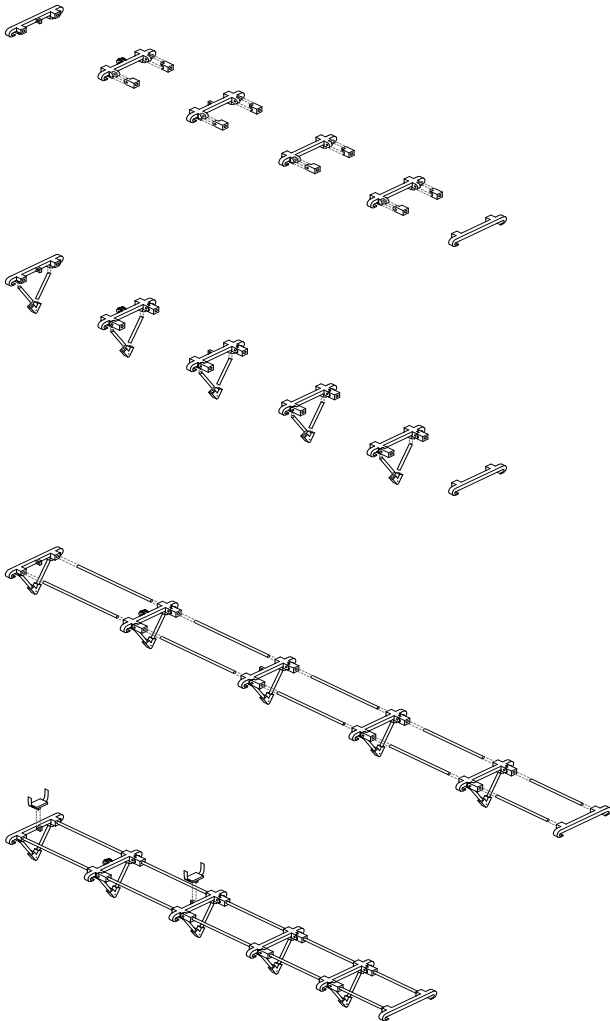


p.18 - 19

A gauche. Axonométrie des matériaux utilisés.

A droite, haut. Plan, élévation et coupe de la prothèse.

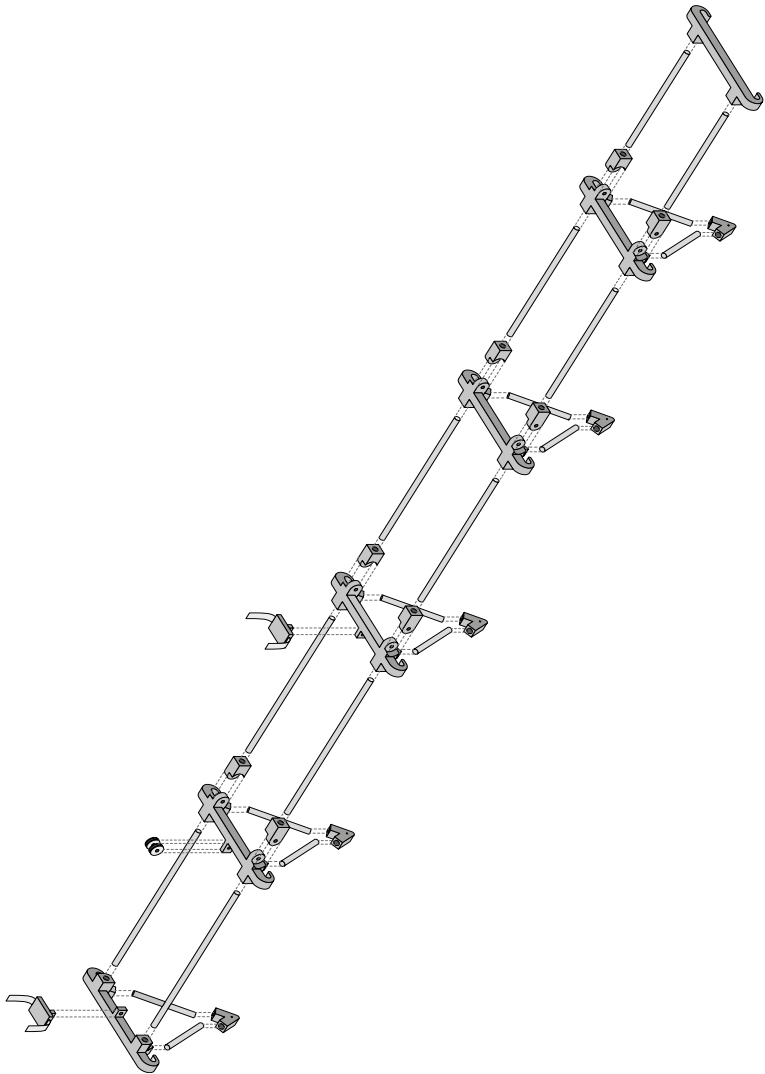
A droite, bas. Dimensionnement de pièces de la prothèse.



p.20 - 21

A gauche. Fiche IKEA.

A droite. Axonométrie éclatée.





Jour du rendu



p.22-23

A gauche. Photo de la présentation orale.

A droite. Photo de l'affichage.

