

# DOSSIER TECHNIQUE DE CONCEPTION 3D POUR LE DOIGT ET PROTOTYPE DE MAIN ROBOTIQUE

REALISE PAR : ILINA KHIAT



## Introduction.

---

L'objectif du projet est de concevoir un doigt robotique permettant au fil de tendon de maintenir un parallélisme au sein des phalanges articulaires lors de l'articulation du doigt. Le doigt choisi pour cette conception est le majeur.

## CONCEPTION 1

### Partie 1. CONCEPTION D'UN SEUL DOIGT ROBOTIQUE

#### Esquisses de concept

Les esquisses de concept initiales ont été créées en tenant compte des ratios des portions de doigt entre les phalanges distales, intermédiaires et proximales du majeur.

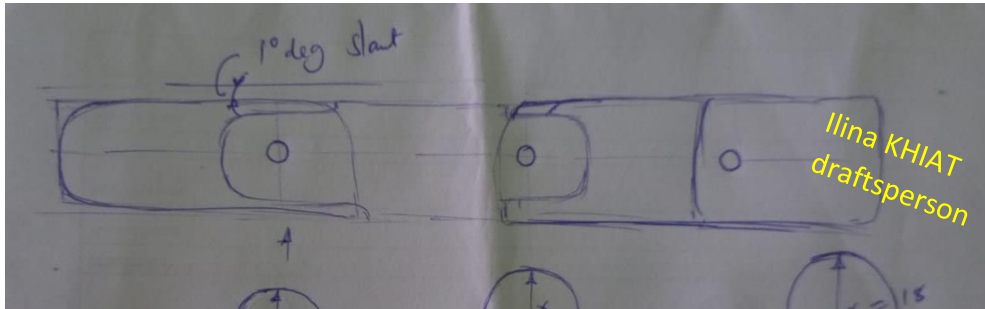


Figure 1. esquisse du concept de doigt

#### Modélisation 3D

En utilisant SolidWorks, le contour des doigts a été utilisé pour transformer l'esquisse en un modèle 3D détaillé. Cela impliquait l'utilisation des fonctionnalités de SolidWorks telles que les esquisses, les images d'esquisses, les extrusions, les révolutions et les lofts. Un modèle maître à plusieurs corps du doigt a été conçu, servant de base pour les étapes ultérieures de perfectionnement du design.

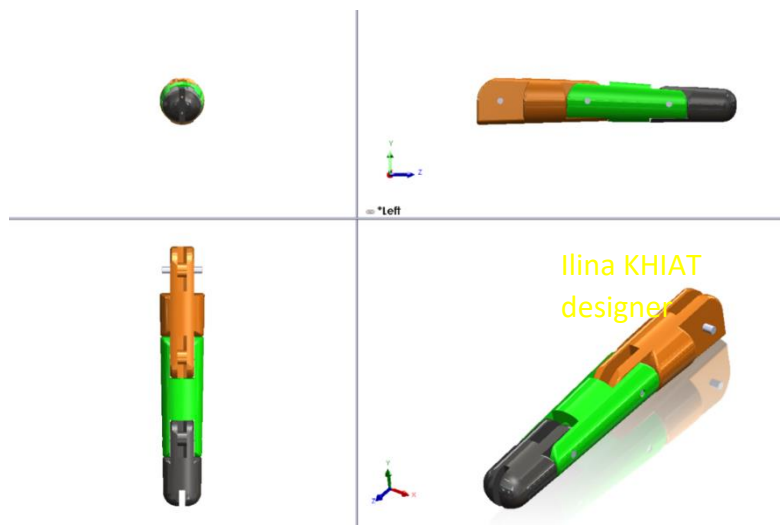


Figure 2. Vue en première angle du doigt conçu

Pendant le processus de modélisation, une attention particulière a été accordée pour s'assurer que les parties du doigt permettaient au fil de tendon de passer à travers les différentes articulations du doigt tout en maintenant le parallélisme.

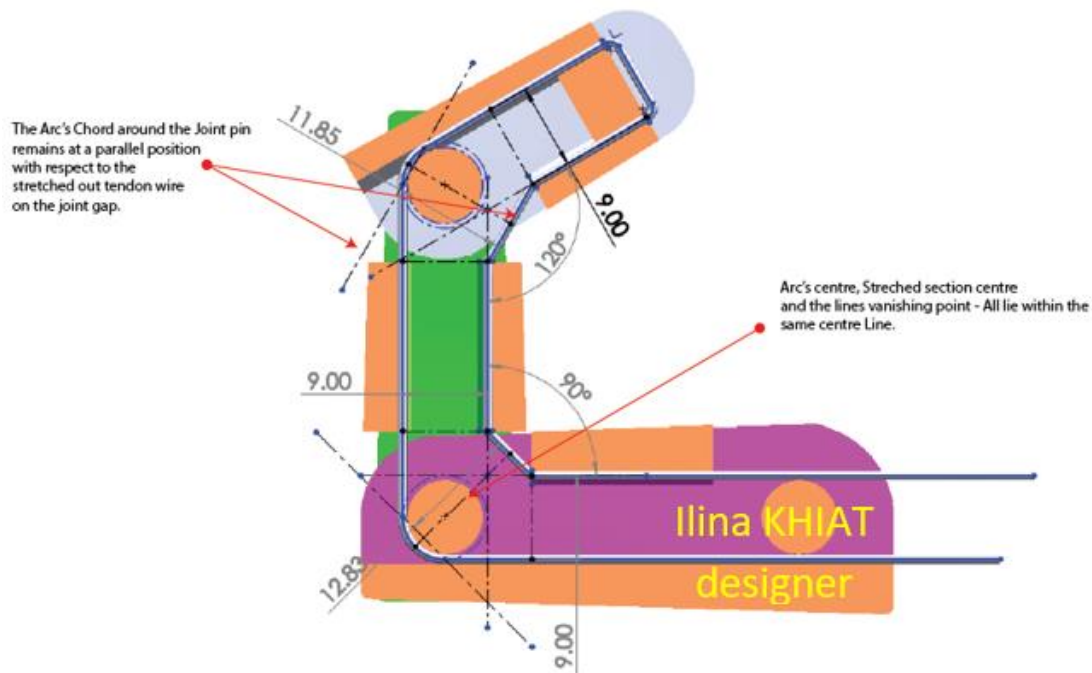


Figure 3. Vue en coupe du doigt montrant les dimensions pour le parallélisme du tendon.

### Assemblage et Simulation

À partir de la partie à plusieurs corps, des parties individuelles des phalanges du doigt ont été créées en utilisant la commande " save body ".

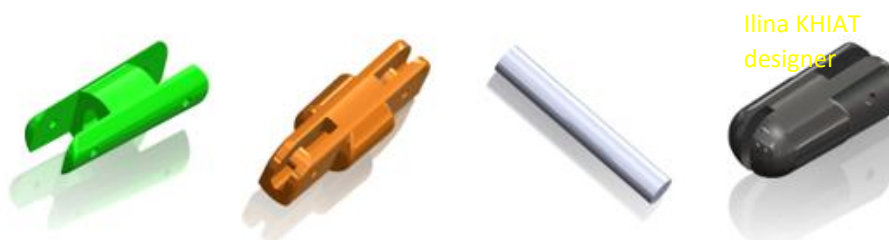


Figure 4. Modèles dérivés des phalanges proximale, intermédiaire, distale et de la broche d'articulation du doigt

Les parties du doigt ont ensuite été importées dans l'environnement d'assemblage de SolidWorks et assemblées à l'aide de liaisons appropriées telles que les *liaisons articulées, concentriques, de largeur, coïncidentes et de limitation*. Ces liaisons ont permis l'étude du mouvement du doigt.



Figure 5. Assembler le doigt.

Après la création de l'assemblage, une analyse de mouvement avec SolidWorks a été utilisée pour examiner comment les phalanges du doigt s'articulent tout en maintenant le parallélisme requis du fil de tendon autour des points d'articulation.

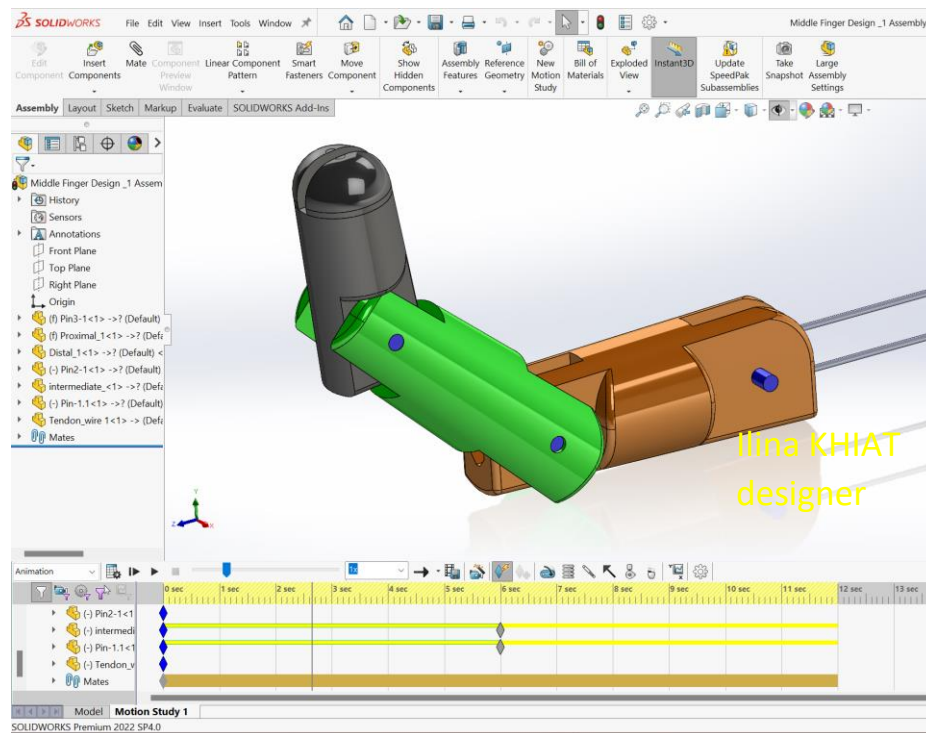


Figure 6. Étude de mouvement du doigt

Le comportement cinématique d'un assemblage, dans le contexte de SolidWorks, se réfère à la manière dont les composants interagissent et se déplacent les uns par rapport aux autres. Pour examiner le mouvement des fils au niveau des phalanges du doigt, j'ai utilisé l'option "SolidWorks Motion Analysis". Cette fonctionnalité permet de simuler et de suivre le mouvement des composants individuels, comme les fils dans le cas des phalanges du doigt. Comme le montre la configuration en haut, le parallélisme des fils est maintenu pendant l'articulation du doigt. Cela peut être une étape importante pour valider la conception et optimiser le mécanisme du doigt dans le modèle 3D.

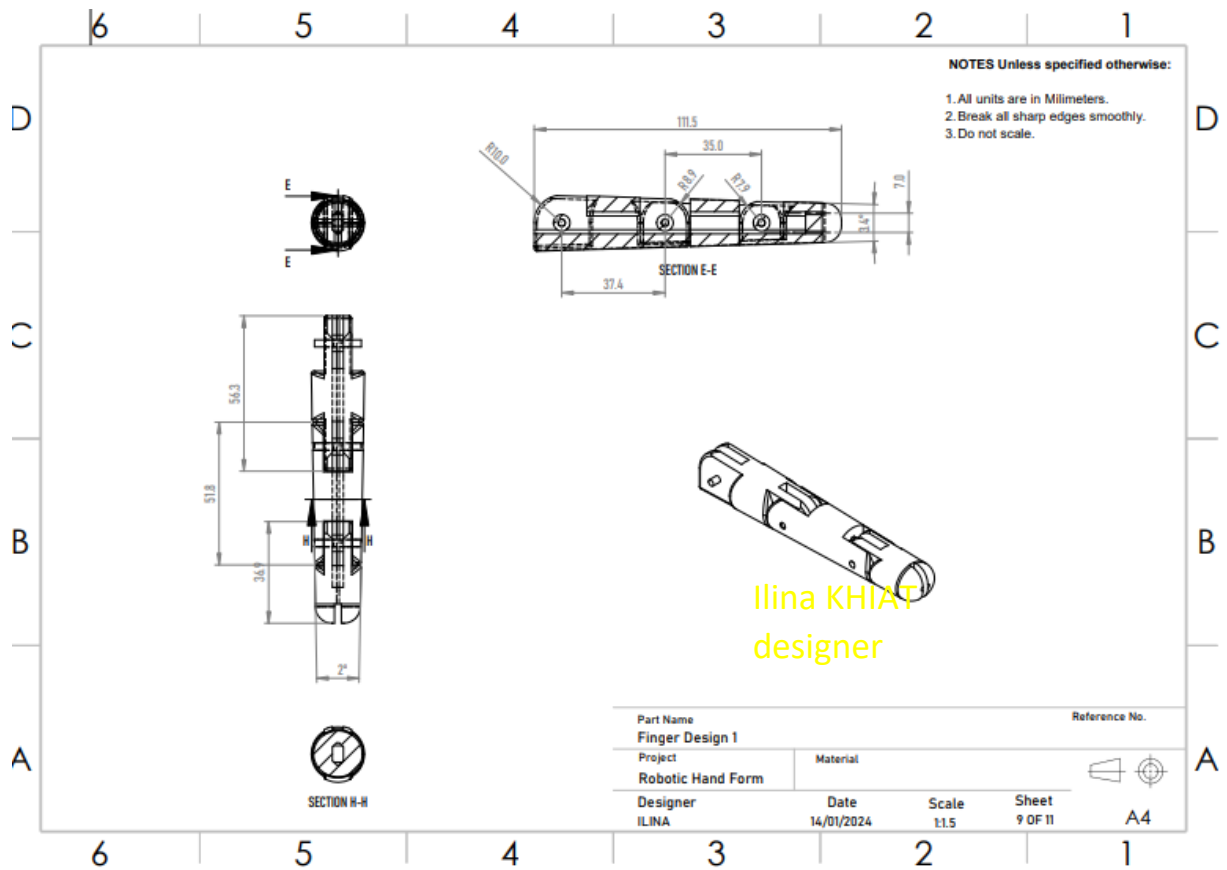


Figure 7. Dessin technique de conception d'un doigt robotique 1

## CONCEPTION 2

### Partie 1. CONCEPTION D'UN SEUL DOIGT ROBOTIQUE

#### Esquisses de concept

Les esquisses de concept initiales ont été créées en tenant compte des ratios des portions de doigt entre les phalanges distales, intermédiaires et proximales du majeur.

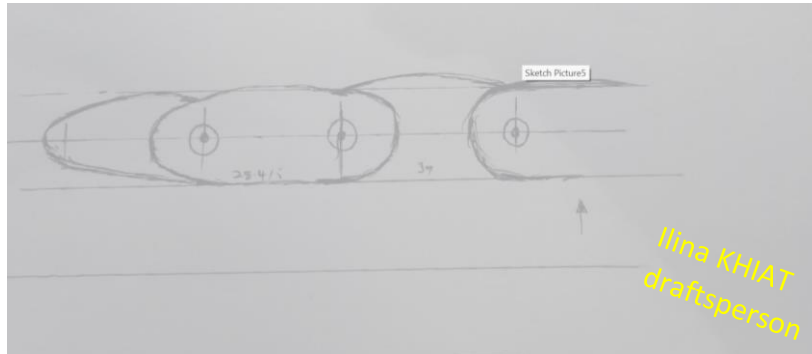


Figure 8. esquisse du concept de doigt

#### Modélisation 3D

En utilisant SolidWorks, le contour des doigts a été utilisé pour transformer l'esquisse en un modèle 3D détaillé. Cela impliquait l'utilisation des fonctionnalités de SolidWorks telles que les esquisses, les images d'esquisses, les extrusions, les révolutions et les lofts. Un modèle principal à plusieurs corps du doigt a été conçu, servant de base pour les étapes ultérieures de perfectionnement du design.

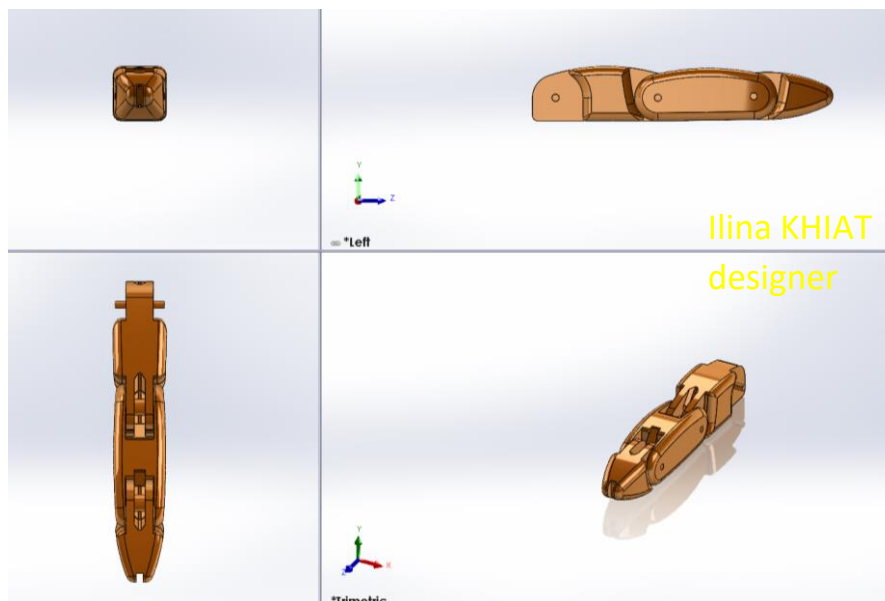


Figure 9. Vue en première angle du doigt conçu

Pendant le processus de modélisation, une attention particulière a été accordée pour s'assurer que les parties du doigt permettaient au fil de tendon de passer à travers les différentes articulations du doigt tout en maintenant le parallélisme.

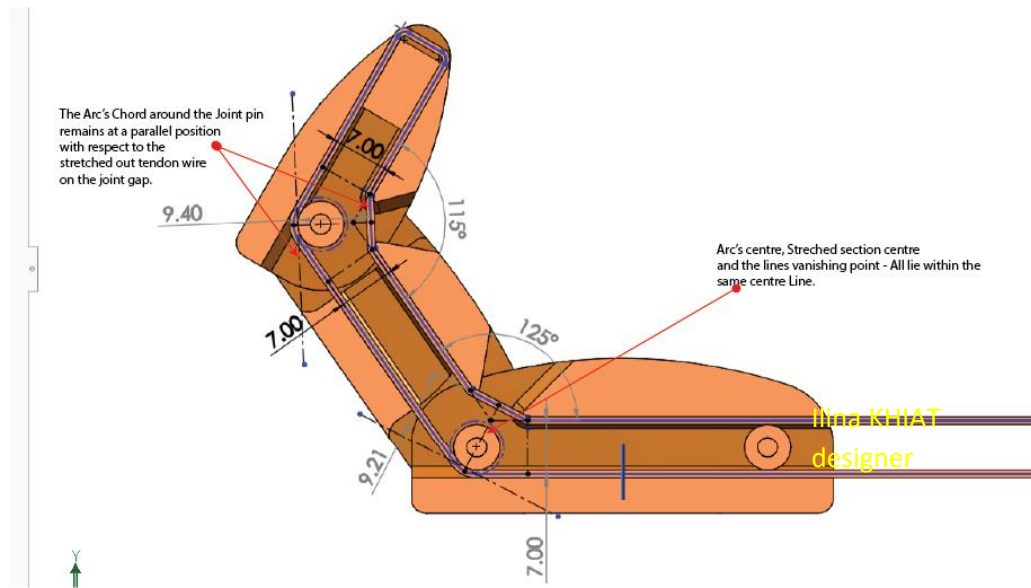


Figure 10. Vue en coupe du doigt montrant les dimensions pour le parallélisme du tendon.

### Assemblage et Simulation

À partir de la partie à plusieurs corps, des parties individuelles des phalanges du doigt ont été créées en utilisant la commande " save body ".



Figure 10. Modèles dérivés des phalanges proximale, intermédiaire, distale et de la broche d'articulation du doigt

Les parties du doigt ont ensuite été importées dans l'environnement d'assemblage de SolidWorks et assemblées à l'aide de liaisons appropriées d'assemblage telles que les *liaisons articulées, concentriques, de largeur, coïncidentes et de limitation*. Ces liaisons ont permis l'étude du mouvement du doigt.

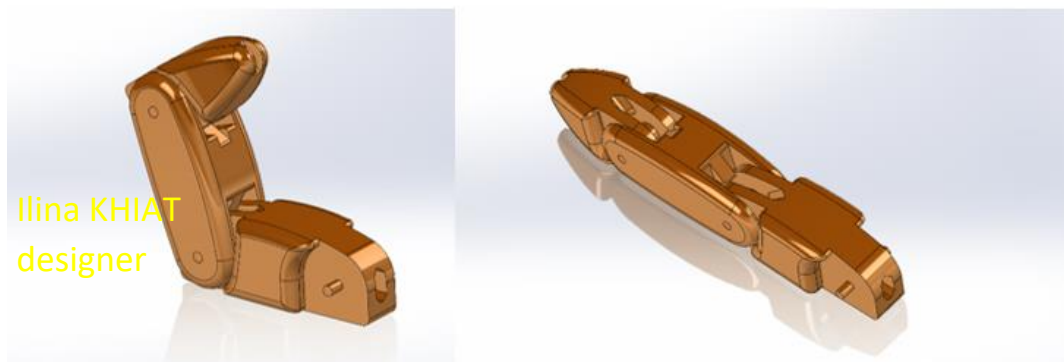


Figure 11. Assembler le doigt.



Après la création de l'assemblage, une analyse de mouvement avec SolidWorks a été utilisée pour examiner comment les phalanges du doigt s'articulent tout en maintenant le parallélisme requis du fil de tendon autour des points d'articulation.

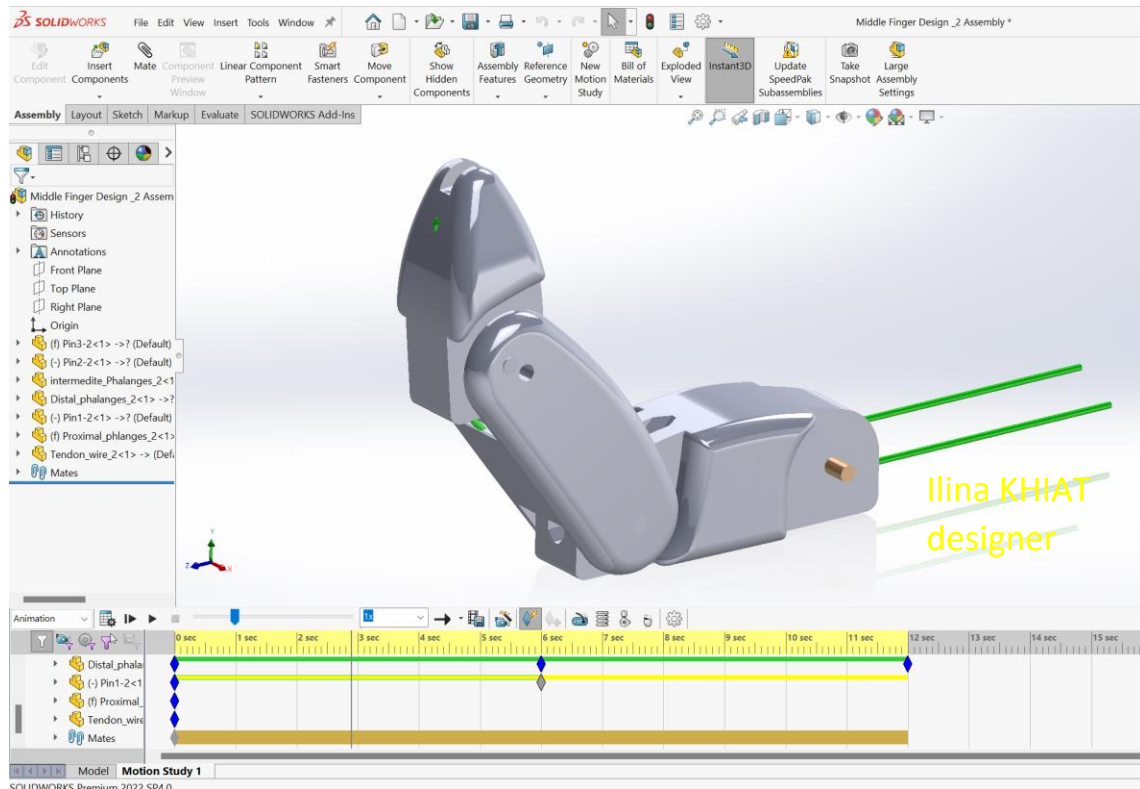


Figure 12.Étude de mouvement du doigt

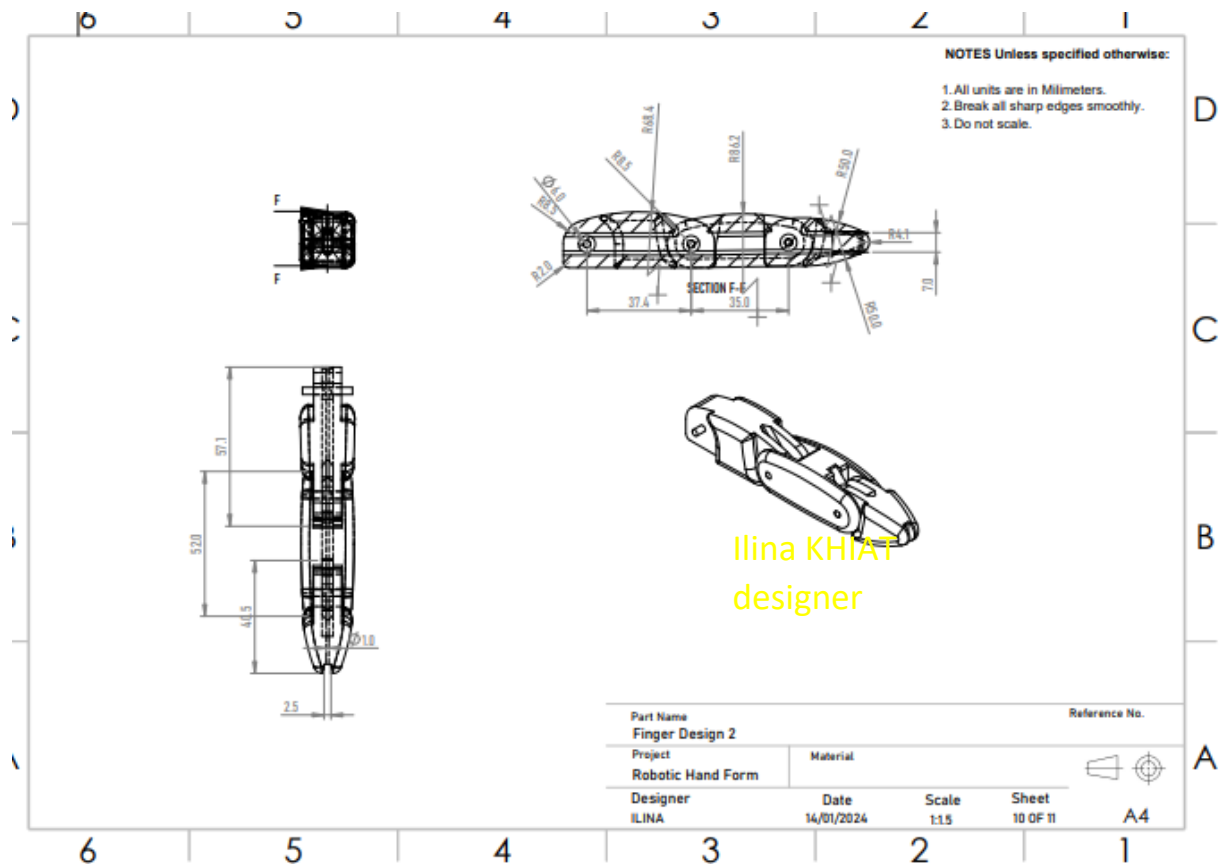


Figure 13. Dessin technique de conception d'un doigt robotique 2

### CONCEPTION 3

#### Partie 1. CONCEPTION D'UN SEUL DOIGT ROBOTIQUE

##### Esquisses de concept

Les esquisses de concept initiales ont été créées en tenant compte des ratios des portions de doigt entre les phalanges distales, intermédiaires et proximales du majeur.

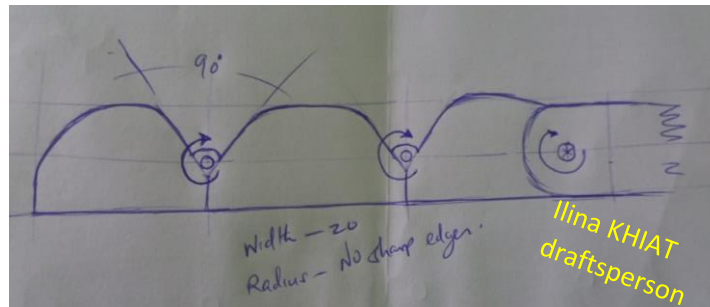


Figure 14. esquisse du concept de doigt

##### Modélisation 3D

En utilisant SolidWorks, le contour des doigts a été utilisé pour transformer l'esquisse en un modèle 3D détaillé. Cela impliquait l'utilisation des fonctionnalités de SolidWorks telles que les esquisses, les images d'esquisses, les extrusions, les révolutions et les lofts. Un modèle principal à plusieurs corps du doigt a été conçu, servant de base pour les étapes ultérieures de perfectionnement du design.

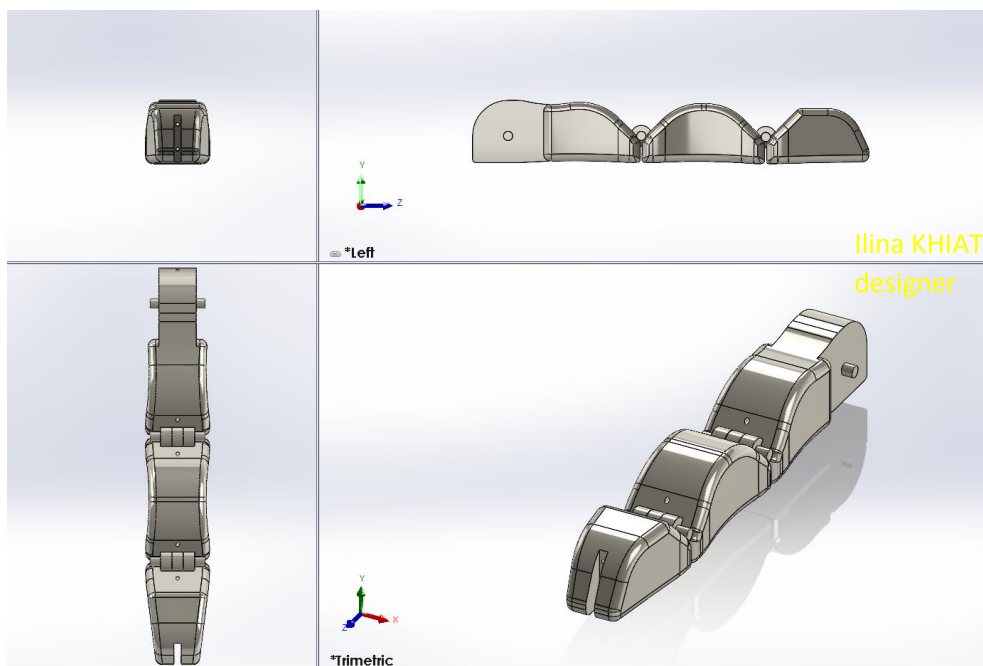


Figure 15. Vue en première angle du doigt conçu

Pendant le processus de modélisation, une attention particulière a été accordée pour s'assurer que les parties du doigt permettaient au fil de tendon de passer à travers les différentes articulations du doigt tout en maintenant le parallélisme.

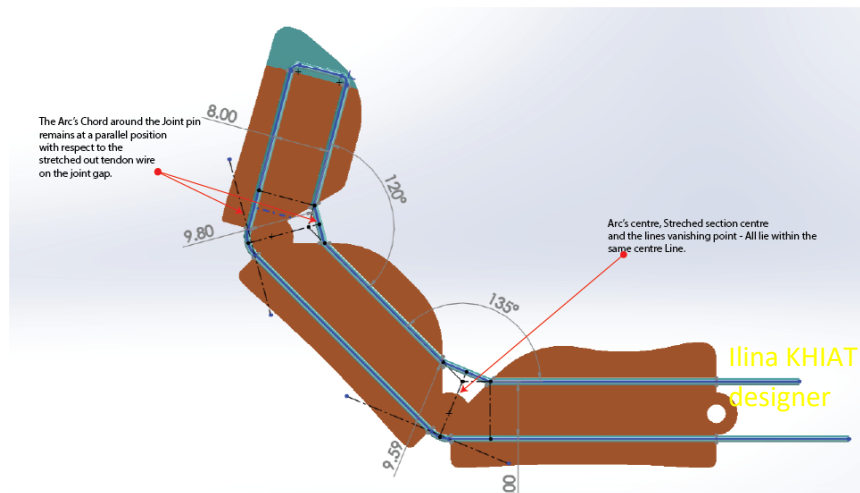


Figure 16. Vue en coupe du doigt montrant les dimensions pour le parallélisme du tendon.

### Assemblage et Simulation

À partir de la partie à plusieurs corps, des parties individuelles des phalanges du doigt ont été créées en utilisant la commande " save body ".



Figure 17. Modèles dérivés des phalanges proximale, intermédiaire, distale et de la broche d'articulation du doigt

Les parties du doigt ont ensuite été importées dans l'environnement d'assemblage de SolidWorks et assemblées à l'aide de liaisons appropriées d'assemblage telles que les *liaisons articulées, concentriques, de largeur, coïncidentes et de limitation*. Ces liaisons ont permis l'étude du mouvement du doigt.



Figure 18. Assembler le doigt.

Après la création de l'assemblage, une analyse de mouvement avec SolidWorks a été utilisée pour examiner comment les phalanges du doigt s'articulent tout en maintenant le parallélisme requis du fil de tendon autour des points d'articulation.

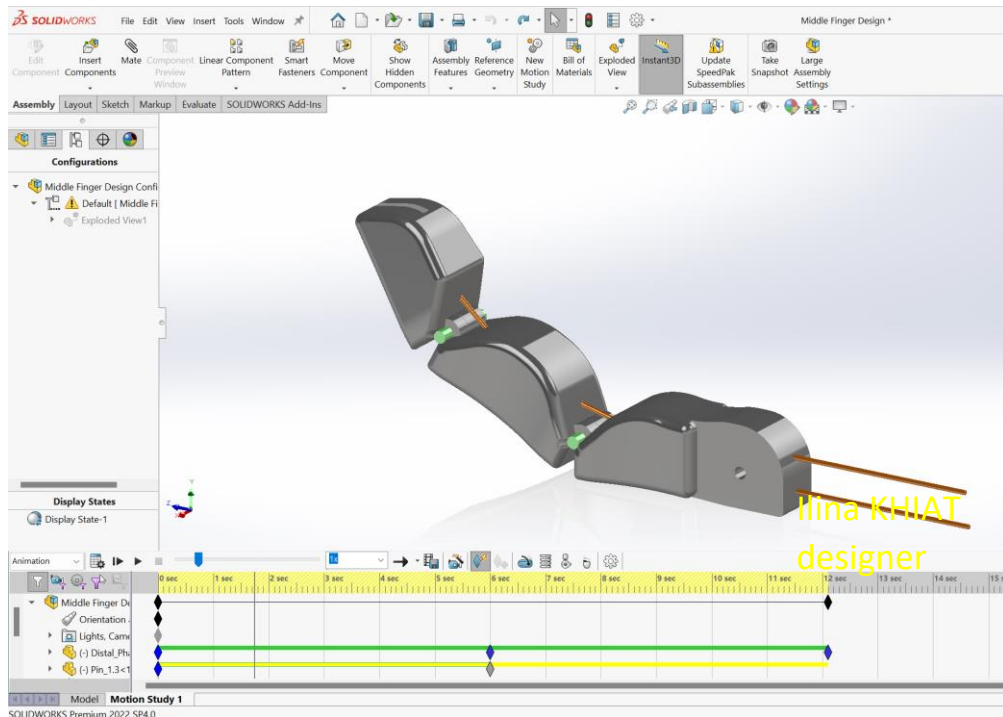


Figure 19. Étude de mouvement du doigt

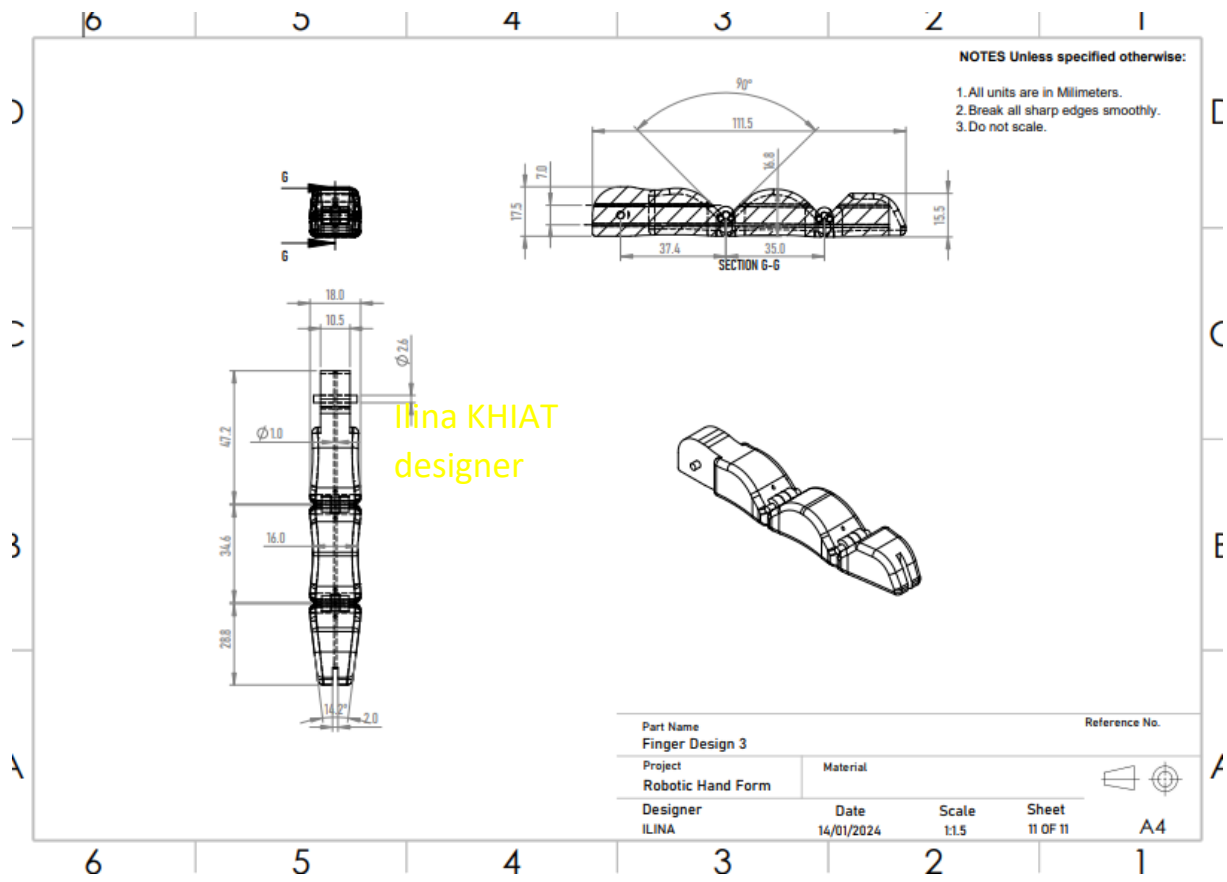


Figure 20. Dessin technique de conception d'un doigt robotique 3

## b. Introduction.

---

La prochaine phase du projet visait à créer une "main robotique" avec 6 doigts actionnés par 6 servomoteurs, capable d'effectuer un mouvement de supination. La structure du modèle était guidée par le modèle illustré.

**Note** : Une modification a été apportée après la conception de ces trois prototypes de main robotique. La modification consistait à supprimer un doigt (le sixième) et à ajuster les trois prototypes déjà conçus avec tous les éléments des maquettes.

## Partie 2. CONCEPTION DU PROTYPE DE LA MAIN ROBOTIQUE

Pour comprendre la conception du prototype à réaliser, je me suis basée sur un dessin ci-dessous illustrant l'idée.

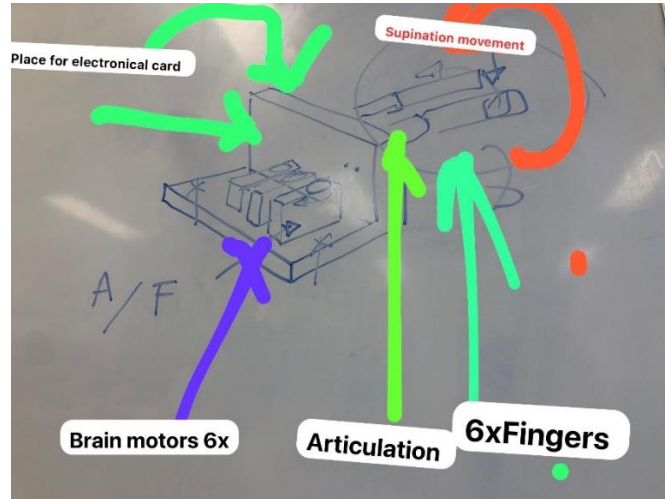


Figure 21. esquisse du "prototype de main robotique".

Le modèle du servomoteur à utiliser était le servomoteur Deluxe HS-422, avec ses dimensions telles qu'indiquées dans le diagramme ci-dessous.

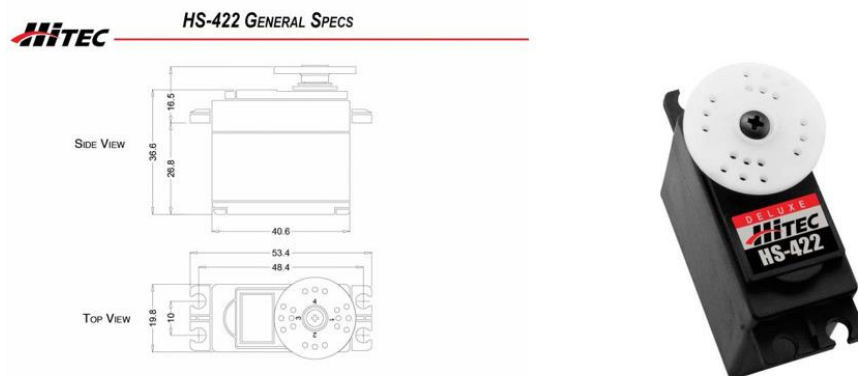


Figure 22. Datasheet des servomoteurs DELUXE HS-422

### Disposition des composants.

En tenant compte du croquis, de la taille du servomoteur et des dimensions des doigts, un plan pour connecter les composants au sein d'une base a été développé en utilisant une esquisse dimensionnée de SolidWorks.



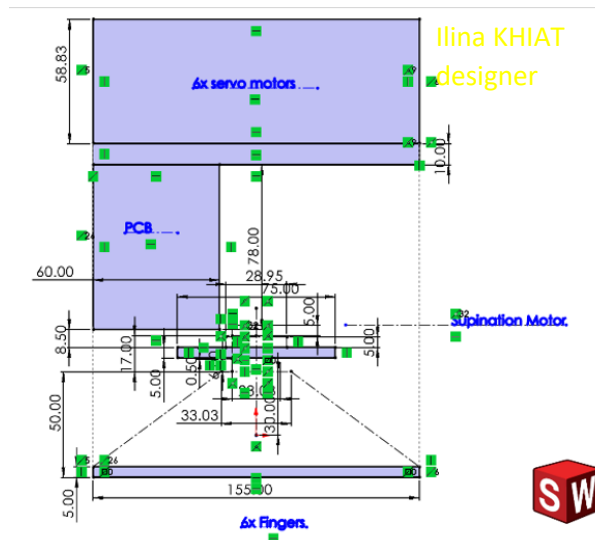


Figure 23. Esquisse de la disposition des composants.

### c. Forme du métacarpe

Avec les composants disposés, un modèle 3D détaillé du métacarpe a été conçu pour accueillir les six doigts. La section interne a été évidée pour permettre le passage des fils de tendon et réduire le poids.

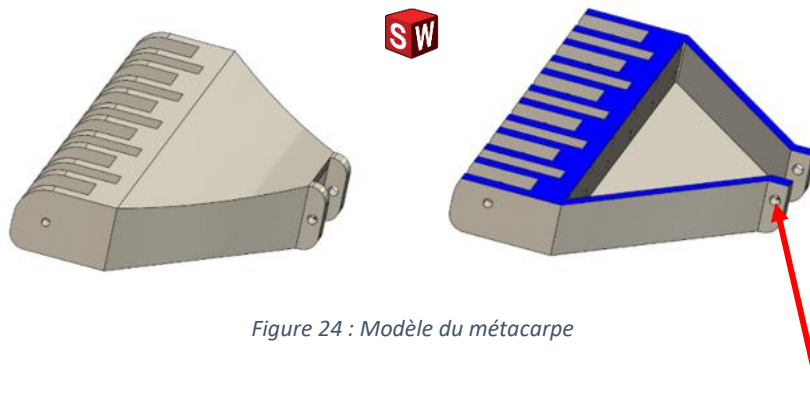


Figure 24 : Modèle du métacarpe

La forme métacarpienne est connectée au mécanisme de supination à l'aide d'une vis M3.

### d. Engrenages de supination.

Pour permettre le mouvement de supination, des engrenages imprimés en 3D, reliés à un servomoteur, sont conçus et intégrés. Ces engrenages se composent d'un engrenage conducteur avec 11 dents et d'un engrenage mené avec 20 dents.

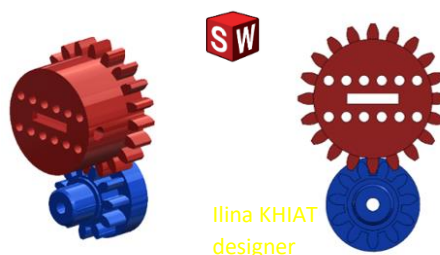


Figure 25. Engrenages de supination

L'engrenage mené comporte une série de trous à travers lesquels passent les fils de tendon pour éviter tout emmêlement pendant le mouvement.

#### **e. Guide des fils de tendon.**

Pour organiser davantage les fils de tendon, un guide vertical avec des trous a été conçu pour garantir que les fils provenant de l'engrenage mené de supination sont sur un plan horizontal plat lorsqu'ils entrent dans les poulies du servomoteur.

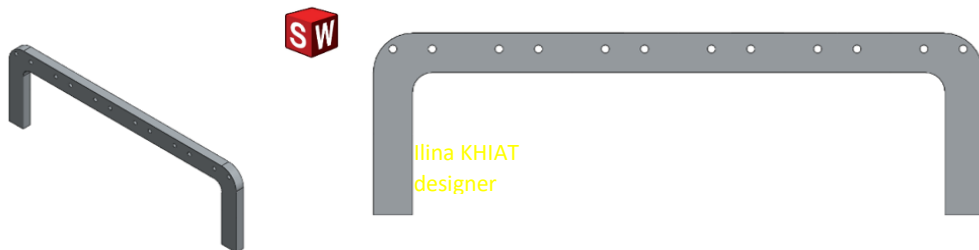


Figure 26. Guide des fils de tendon.

#### **f. Poulies de servomoteur.**

Connectées aux servomoteurs, les poulies maintiennent les extrémités des fils de tendon au-dessus et en dessous de chaque doigt. Elles facilitent l'articulation des doigts lorsqu'elles sont actionnées par les servomoteurs, soit en tirant, soit en relâchant les fils de tendon.



Figure 27. Poulies de servomoteur.

#### **g. Supports de servomoteur.**

Les supports de servomoteur sont également conçus pour permettre aux moteurs d'être fixés par une vis M4.

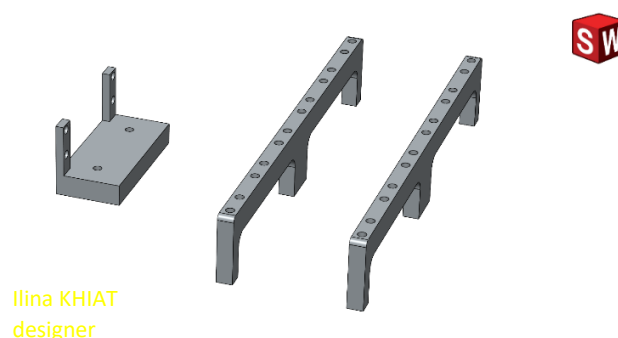


Figure 28. Supports de servomoteurs

#### h. Base de la forme de main robotique

Tous les composants de la forme de main sont supportés par une base de taille 138 x 250 mm et maintenus ensemble à l'aide de vis M4 x 12 mm à tête fraisée (CSK) depuis le bas de la plaque de base.

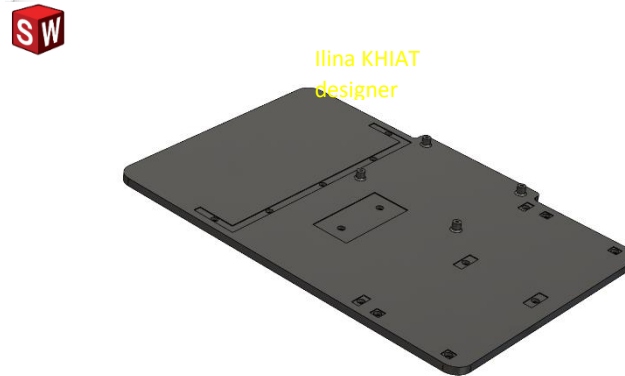


Figure 29. Plaque de base.

#### Assemblage de la "forme de main robotique"

Après la conception de toutes les pièces, la "forme de main robotique" a été assemblée en utilisant des éléments appropriés et en incorporant des moteurs de taille précise pour une visualisation précise du modèle.

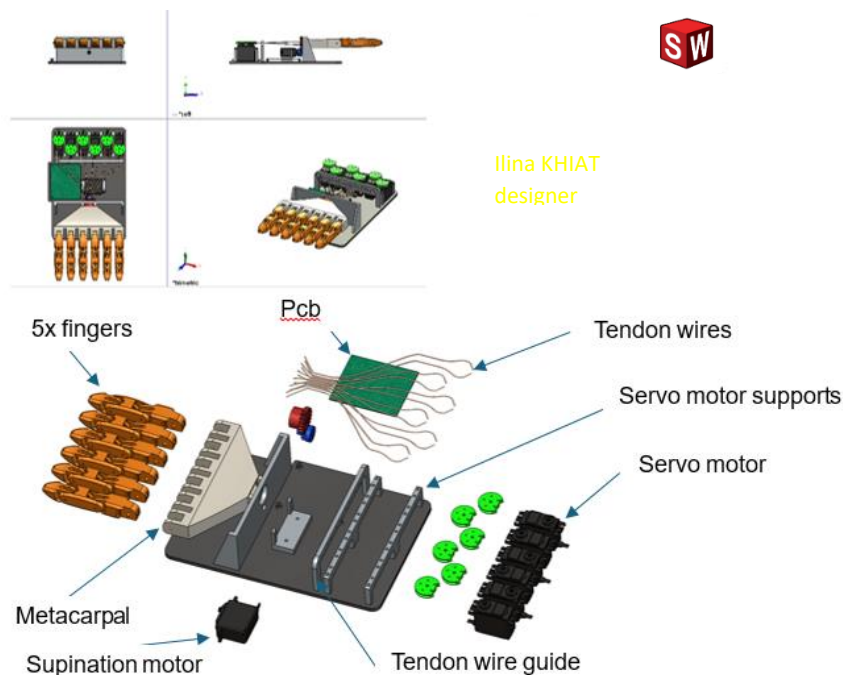


Figure 30. Images montrant la "forme de main robotique" assemblée en première projection angulaire, en vue 3D isométrique et en vue éclatée (design doigt 2).

#### Analyse de la prise de la forme de main robotique

Pour vérifier la capacité de préhension de la main, une boule sphérique a été modélisée et assemblée avec les doigts afin d'évaluer sa capacité de préhension et de maintien.

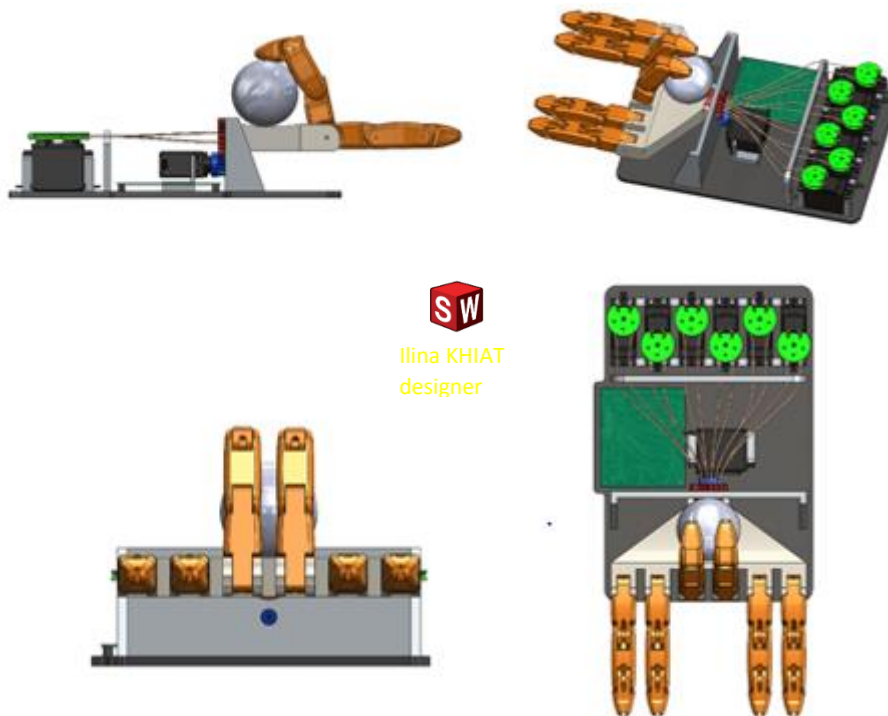


Figure 31. "Forme de main robotique», design doigt 2 saisissant une boule sphérique.

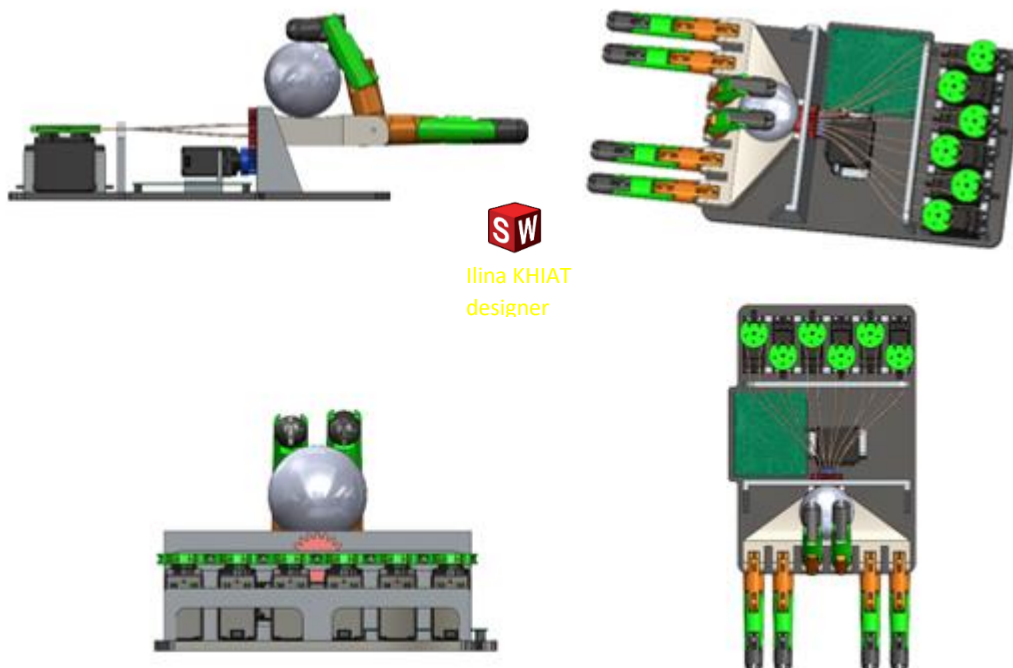
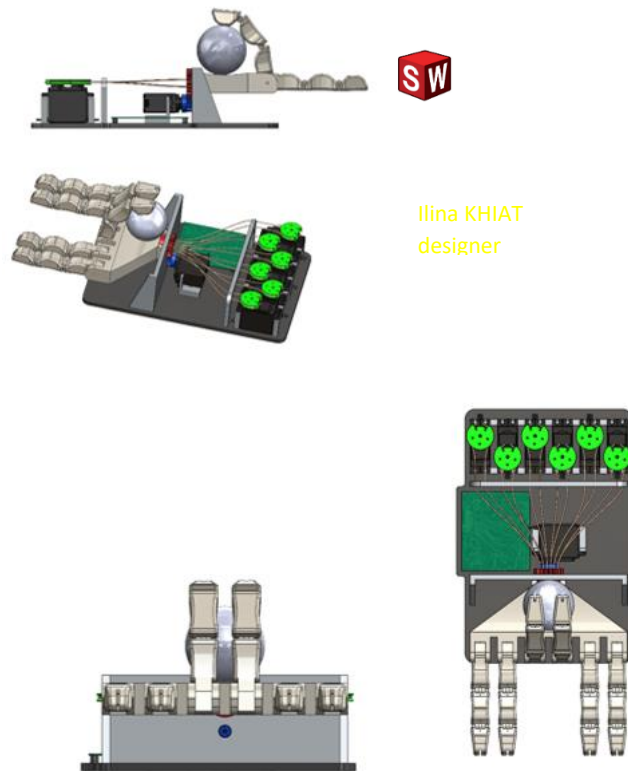


Figure 32. "Forme de main robotique», design doigt 1, saisissant une boule sphérique.



Ilina KHIAT  
designer

Figure 33. "Forme de main robotique», design doigt 3, saisissant une boule sphérique.

### Impression 3D / Assemblage et montage du prototype :

La tolérance de 0,5 mm de l'imprimante 3D a été prise en considération lors de l'impression 3D de tous les composants mécaniques du prototype (doigts, supports ...) de la main bionique, en utilisant une impression à résine. Des ajustements ont été apportés en cas de contraintes d'impression. Ensuite, un assemblage des 5 designs des doigts imprimés a été fait et le montage de tous les composants du prototype de la main bionique a été assemblé sur la plaque de base ((métacarpe, engrenage de supination, les servomoteurs, les poulies, les fils, les Guides de fil de tendon, la PCB sur la base).



Figure 34. Impressions 3D des différents designs de doigts

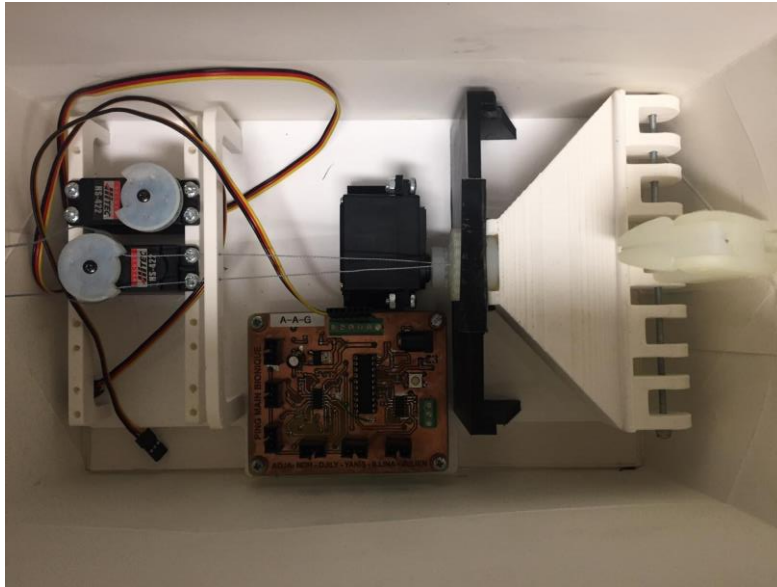


Figure 35. Impression 3D et montage du prototype de main robotique

**Réalisation des tests mécaniques post-impression 3D et test du mouvement du doigt au laboratoire:**

**1-Test de flexibilité et de mobilité :** Évaluer la souplesse des articulations des doigts.

**2-Test de résistance des matériaux :** Appliquer des charges variables pour évaluer la solidité et la résistance des matériaux utilisés sans déformation ni rupture.

**3-Test du parallélisme des fils :**

-**Inspection visuelle :** Vérifier l'alignement des fils en haut et en bas des doigts en position neutre.

-**Test de traction :** Appliquer une tension aux fils pour s'assurer qu'ils restent parallèles lorsqu'ils sont soumis à différentes forces.

**4-Test de rotation des engrenages :** Évaluer la fluidité et l'efficacité de la rotation des engrenages pour transmettre le mouvement.

**5-Test du passage des fils sans friction :**

-**Test de glissement des fils :** Évaluer la facilité de déplacement des fils à travers les trous sans générer de friction excessive.

**6-Test de rotation du métacarpe manuellement :** Vérification de la rotation à 45 degrés.

**7-Utilisation d'un testeur servomoteur pour actionner le moteur** et effectuer le mouvement des doigts en essayant plusieurs câblages des fils.



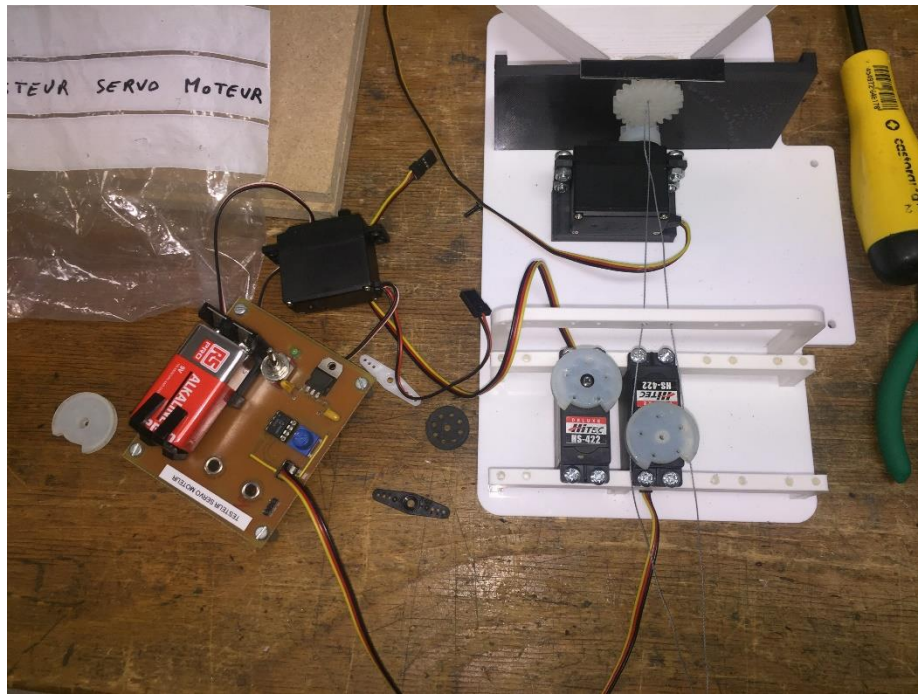


Figure 36. Actionner le servomoteur pour effectuer le mouvement des doigts.