

Conception et Réalisation d'une Pince Robotique Innovante

Un Projet Collaboratif Axé sur l'Excellence Technologique

Travail réalisé par :

BERTA Camille, CHERIF Enzo, COURTOIS Thibault et CARPENTIER Lucas

Elèves de Seatech Promo 2025

2A, filière SYSMER

Cours supervisé par :

Mr. Mathieu RICHIER, Professeur des universités, SEATECH

Dans le cadre du cours

CAO



Table des matières

1- Introduction	3
1.1- Contexte du projet	3
1.2- Objectifs du Projet.....	3
2- Analyse Fonctionnelle Externe.....	4
2.1- Spécification Technique de Besoin (STB)	4
2.2- Mission et Concept d'Emploi de la Pince du Robot	5
2.3- Exigences Fonctionnelles et de Performances	6
3- Analyse Fonctionnelle Interne.....	7
3.1- FAST (Fonction, Architecture, Structure, Technique)	7
3.2- Architecture Fonctionnelle de la Pince.....	9
3.3- Architecture Matérielle de la Pince	10
4- Conception Préliminaire	10
4.1- Description du Mécanisme de la Pince	10
4.2- Choix des Solutions Techniques	11
4.3- Schémas et Croquis Préliminaires	12
5- Conception Détaillée	16
5.1- Mécanisme d'Articulation.....	16
5.2- Régulation de Pression	17
5.3- Capteurs et Actionneurs	18
5.4- Contrôle par Arduino.....	18
5.5- Interface Homme-Machine.....	19
5.6- Intégration Mécanique.....	20
5.7- Sécurité et Fiabilité.....	21
5.8- Tests et Validation.....	21
Conclusion.....	21
Annexe.....	22
Bibliographie	23

1- Introduction

1.1- Contexte du projet

Le projet de conception de la pince du robot s'inscrit dans le cadre d'une initiative visant à améliorer les capacités de préhension d'un robot mobile à six axes. Ce robot est destiné à des applications industrielles complexes, telles que l'assemblage de pièces délicates et la manipulation précise d'objets dans des environnements variés.

Actuellement, le robot est équipé d'une pince de préhension standard, mais pour répondre aux exigences spécifiques des tâches futures, une conception sur mesure est nécessaire. La pince doit être capable de saisir des objets cubiques de forme standardisée (50mm x 50mm x 50mm) pesant jusqu'à 0,4 kg. De plus, elle doit être compatible avec l'interface existante du robot, en particulier avec la platine du poignet, qui mesure 60 mm x 20 mm et possède deux trous de fixation de 3,2 mm de diamètre avec un entraxe de 52 mm.

L'objectif principal de ce projet est de concevoir une pince de préhension efficace, légère et précise, capable de fonctionner dans des environnements variés, y compris des environnements irradiés. Cette pince sera réalisée en utilisant la technologie d'impression 3D avec le matériau PLA, garantissant à la fois la robustesse et la légèreté nécessaires à son bon fonctionnement.

La conception sur mesure de cette pince est cruciale pour améliorer l'efficacité opérationnelle du robot, en garantissant une préhension fiable et sécurisée des objets, contribuant ainsi à accroître la productivité et la polyvalence de l'ensemble du système robotique.

Ce contexte met en évidence l'importance de ce projet dans l'évolution technologique de votre entreprise, en renforçant les capacités de votre robot mobile et en lui permettant de s'adapter aux défis variés et complexes auxquels il sera confronté dans son environnement opérationnel.

1.2- Objectifs du Projet

Ce projet de conception de la pince du robot a pour objectif principal de développer une solution de préhension sur mesure, parfaitement adaptée aux besoins spécifiques du robot mobile à six axes. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

Optimisation de la Préhension : Concevoir une pince de préhension capable de saisir et de maintenir en toute sécurité des objets cubiques standardisés de dimensions 50mm x 50mm x 50mm, avec une masse maximale de 0,4 kg. L'objectif est d'assurer une préhension fiable et précise des objets variés.

Intégration Parfaite : Assurer une parfaite intégration de la pince avec l'interface existante du robot, en particulier avec la platine du poignet mesurant 60 mm x 20 mm et équipée de deux trous de fixation de 3,2 mm de diamètre avec un entraxe de 52 mm. La pince doit se fixer solidement et facilement sur cette platine.

Compatibilité avec l'Environnement : Concevoir la pince pour qu'elle fonctionne de manière fiable dans des environnements variés, y compris des environnements irradiés. La conception doit minimiser les risques d'accumulation de poussière ou de débris susceptibles de compromettre les performances de la pince.

Légereté et Robustesse : Réaliser la pince en utilisant le matériau PLA avec la technologie d'impression 3D. La pince ne doit pas excéder 0,2 kg pour garantir la légèreté tout en maintenant la robustesse nécessaire à son fonctionnement optimal.

Commande et Contrôle : Équiper la pince d'un servo-moteur contrôlé par un Arduino, assurant ainsi une commande précise et fiable de l'ouverture et de la fermeture des mâchoires de la pince.

Sûreté et Ergonomie : Concevoir la pince en tenant compte des normes de sûreté, en particulier dans des environnements irradiés. L'interface de contrôle de la pince doit être ergonomique pour faciliter son utilisation par les opérateurs à distance, réduisant ainsi leur exposition aux radiations.

En atteignant ces objectifs, ce projet vise à améliorer significativement les capacités opérationnelles du robot mobile, permettant ainsi d'étendre ses applications industrielles dans des environnements exigeants. Cette conception sur mesure garantira la fiabilité, la polyvalence et la sécurité du système robotique dans ses tâches quotidiennes.

2- Analyse Fonctionnelle Externe

2.1- Spécification Technique de Besoin (STB)

1. Introduction

La Spécification Technique de Besoin (STB) définit les exigences cruciales pour la conception de la pince de préhension du robot mobile à six axes. Cette pince doit être capable de saisir des objets cubiques de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm, pesant jusqu'à 0,4 kg. Elle sera réalisée en PLA par impression 3D et sera pilotée par un servo-moteur contrôlé via Arduino. La pince sera fixée sur la platine du poignet du robot, mesurant 60 mm x 20 mm et équipée de deux trous de fixation de 3,2 mm de diamètre, espacés de 52 mm.

2. Exigences Fonctionnelles et de Performances

2.1 Capacité de Charge

La pince doit saisir et maintenir en toute sécurité des objets cubiques pesant jusqu'à 0,4 kg. (*Primordial*)

2.2 Dimensions des Objets

La pince doit saisir des objets cubiques ayant une arête de 50 mm. (*Primordial*)

2.3 Contrôle de la Pince

La pince doit être équipée d'un servo-moteur pour contrôler l'ouverture et la fermeture des mâchoires. (*Primordial*)

2.4 Vitesse de Saisie

La pince doit saisir et relâcher les objets cubiques à une vitesse minimale de 20 millimètres par seconde. (*Primordial*)

2.5 Environnement

La pince doit fonctionner dans un environnement irradié sans compromettre ses performances. Elle doit minimiser le risque d'accumulation de poussière ou de débris.

2.6 Consommation Électrique

La consommation électrique du servomoteur doit être négligeable par rapport à celle du robot.

3. Exigences Opérationnelles

3.1 Sûreté de Fonctionnement

3.1.1 Fiabilité

La pince doit avoir une fiabilité élevée dans un environnement irradié.

3.1.2 Maintenabilité

La pince doit permettre une maintenance efficace avec un indice de réparabilité élevé en cas de panne.

3.2 Contraintes Environnementales

3.2.1 Impact sur l'Environnement

La pince doit minimiser les risques de contamination radioactive ou de fuite de matières irradiées. (*Primordial*)

3.2.2 Tolérance aux Températures Extrêmes

La pince doit fonctionner dans un large éventail de températures en fonction de l'environnement du robot mobile.

3.2.3 Étanchéité

La pince doit résister aux conditions environnementales spécifiques du milieu irradié, y compris les conditions humides, si nécessaires.

3.2.4 Compatibilité Électromagnétique (CEM)

La pince doit minimiser les interférences électromagnétiques qui pourraient affecter son fonctionnement.

4. Ergonomie – Facteur Humain

4.1 Fonctionnement à Distance

La pince doit fonctionner à distance pour réduire l'exposition des opérateurs aux radiations. (*Primordial*)

4.2 Interface Homme-Machine

L'interface de contrôle de la pince doit être ergonomique.

5. Exigences de Conception et de Réalisation

5.1 Conception

5.1.1 Matériaux

La pince doit être en PLA. (*Primordial*)

5.1.2 Coût

Le coût de la pince doit être inférieur à celui du robot.

5.2 Réalisation

5.2.1 Production

La pince doit être facilement imprimable en 3D. (*Primordial*)

5.2.2 Mobilité

La pince doit être compatible avec le robot mobile, permettant une fixation et un retrait faciles, ainsi qu'une utilisation sur différents emplacements. (*Primordial*)

2.2- Mission et Concept d'Emploi de la Pince du Robot

Mission de la Pince

La mission principale de la pince du robot est d'assurer la préhension sécurisée et précise d'objets cubiques standardisés de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm, avec une masse maximale de 0,4 kg. La pince doit être capable de saisir, maintenir et relâcher ces objets de manière fiable et rapide, sous le contrôle du servo-moteur intégré.

Concept d'Emploi

- Activation et Désactivation

La pince sera activée et désactivée par l'opérateur via l'interface homme-machine, assurant ainsi un contrôle manuel total sur son fonctionnement.

- Ouverture et Fermeture des Mâchoires

Le servo-moteur intégré contrôlera l'ouverture et la fermeture des mâchoires de la pince. L'opérateur pourra ajuster l'écartement des mâchoires en fonction de la taille de l'objet à saisir, garantissant ainsi une prise sécurisée.

- Capacité de Saisie

La pince doit être capable de saisir les objets cubiques de manière stable et sûre, minimisant tout mouvement pendant le transport. Elle maintiendra automatiquement l'objet saisi jusqu'à ce que l'opérateur décide de le relâcher.

- Vitesse de Saisie

La pince doit permettre une saisie rapide et précise des objets. La vitesse d'ouverture et de fermeture des mâchoires sera réglable pour s'adapter à différentes situations opérationnelles.

- Utilisation à Distance

La pince pourra être utilisée à distance de manière à réduire l'exposition des opérateurs aux radiations. L'opérateur pourra contrôler la pince via l'interface homme-machine depuis un poste sûr.

- Adaptabilité

La pince doit être adaptable à différents emplacements sur le robot, permettant une utilisation polyvalente dans diverses tâches et applications.

- Sécurité

La conception de la pince doit intégrer des mécanismes de sécurité pour éviter tout risque de relâchement accidentel des objets saisis. Des capteurs de force ou d'autres dispositifs de détection peuvent être intégrés pour garantir une préhension sécurisée.

2.3- Exigences Fonctionnelles et de Performances

1. Capacité de Charge

Exigence (**EX_PINCE_001_10**) : La pince doit être capable de saisir et de maintenir en toute sécurité des objets cubiques pesant jusqu'à 0,4 kg.

Critère de Performance : La pince doit maintenir fermement des objets de 0,4 kg sans aucun glissement ou mouvement pendant le transport.

2. Dimensions des Objets

Exigence (**EX_PINCE_002_10**) : La pince doit être capable de saisir des objets cubiques ayant une arête de 50 mm.

Critère de Performance : La pince doit être capable de saisir et de maintenir fermement des objets de forme cubique avec des dimensions précises de 50 mm x 50 mm x 50 mm.

3. Contrôle de la Pince

Exigence (**EX_PINCE_003_10**) : La pince doit être équipée d'un servo-moteur pour contrôler l'ouverture et la fermeture des mâchoires.

Critère de Performance : Le servo-moteur doit permettre un contrôle précis de l'écartement des mâchoires, assurant ainsi une adaptation facile à différentes tailles d'objets.

4. Vitesse de Saisie

Exigence (**EX_PINCE_004_10**) : La pince doit être capable de saisir et relâcher les objets cubiques à une vitesse minimale de 20 millimètres par seconde.

Critère de Performance : La pince doit effectuer l'opération d'ouverture et de fermeture des mâchoires à une vitesse constante d'au moins 20 millimètres par seconde, garantissant ainsi une manipulation rapide et efficace des objets.

5. Environnement

Exigence (**EX_PINCE_005_10**) : La pince doit être conçue pour fonctionner dans un environnement irradié sans compromettre ses performances. En minimisant le risque d'accumulation de poussière ou de débris dans ses mécanismes.

Critère de Performance : La pince doit maintenir ses performances opérationnelles même dans des environnements irradiés, en évitant toute dégradation due à l'exposition aux radiations.

6. Consommation Électrique

Exigence (**EX_PINCE_006_10**) : La consommation électrique du servomoteur doit être négligeable par rapport à celle du robot.

Critère de Performance : La consommation électrique de la pince doit être minimale, contribuant ainsi à une utilisation économe en énergie du système global du robot.

3- Analyse Fonctionnelle Interne

3.1- FAST (Fonction, Architecture, Structure, Technique)

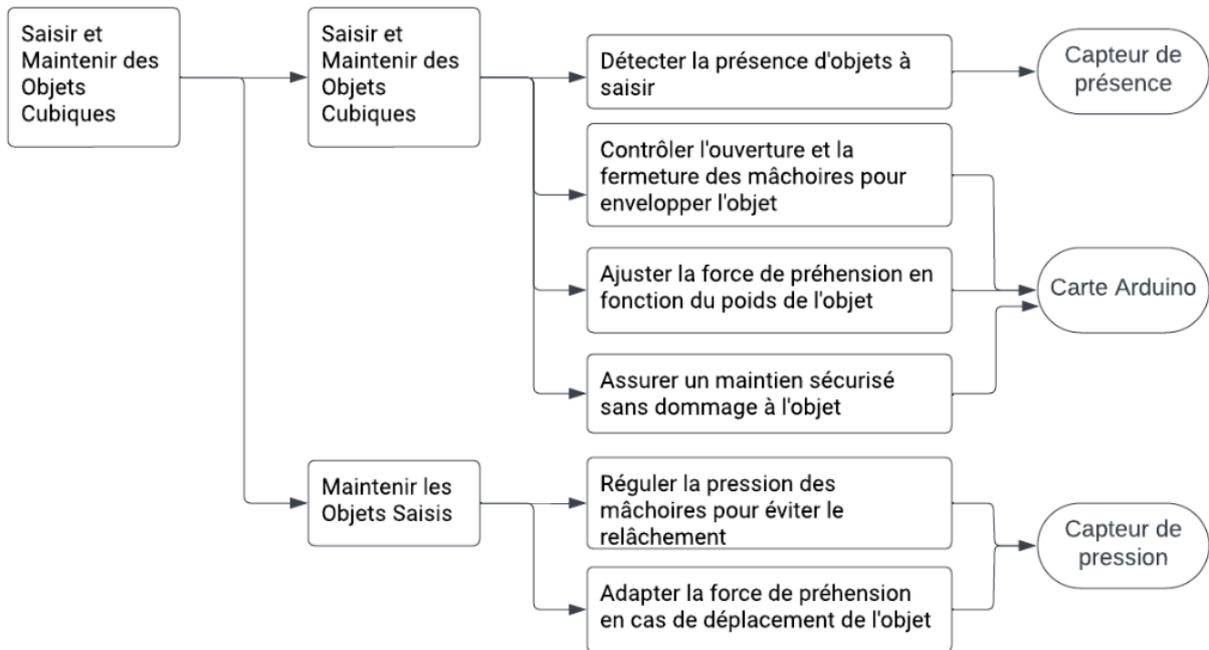


Figure 1 FAST Fonction principale

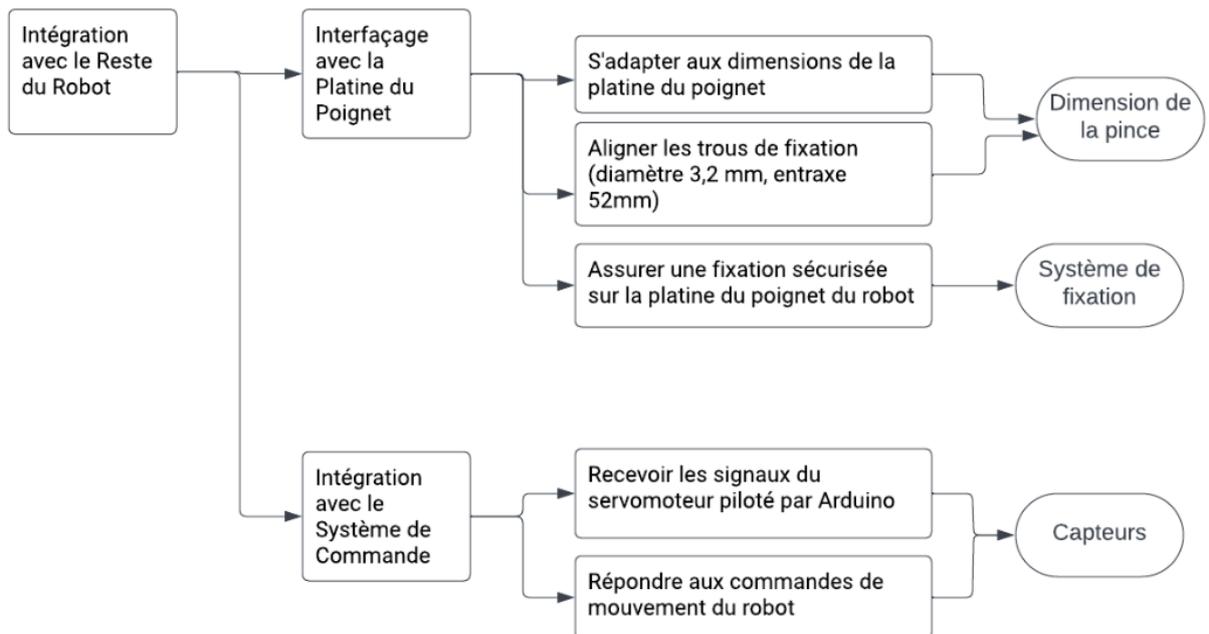


Figure 2 FAST Fonction d'Interface

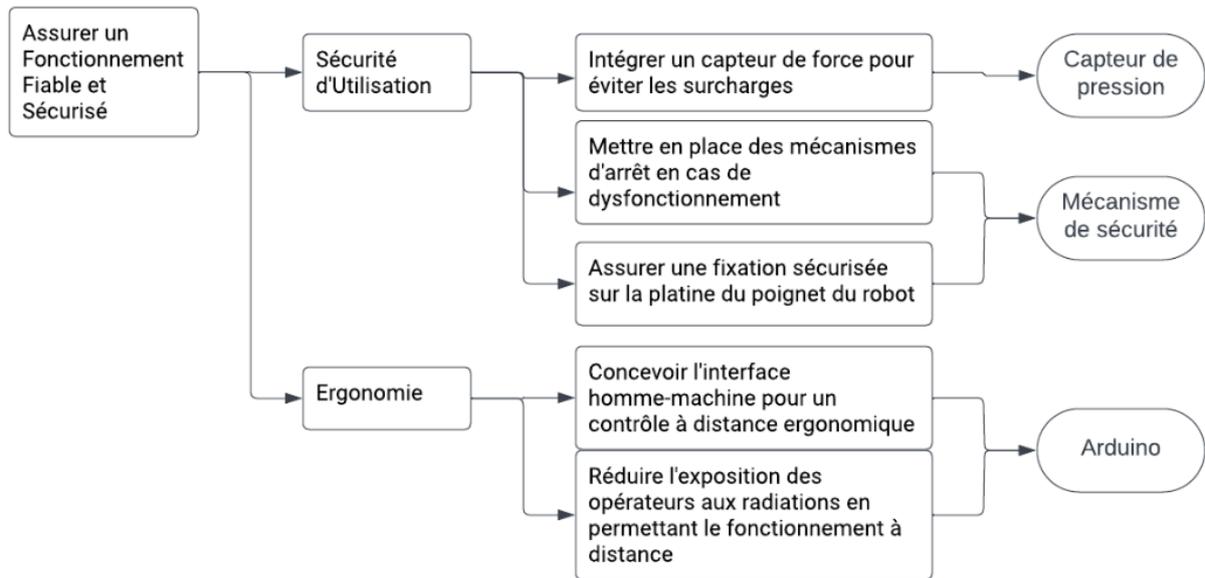


Figure 3 FAST Fonction de Sécurité et Ergonomie

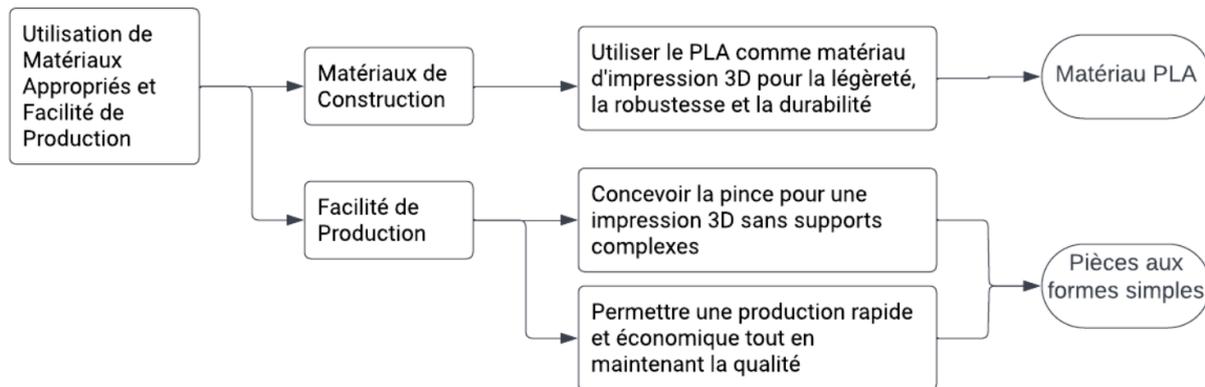


Figure 4 FAST Fonction de Matériaux et Fabrication

3.2- Architecture Fonctionnelle de la Pince

1 Fonction Principale : Saisir et Maintenir des Objets Cubiques

1.1 Saisir des Objets Cubiques

- 1.1.1 Détecter la présence d'objets à saisir.
- 1.1.2 Contrôler l'ouverture et la fermeture des mâchoires pour envelopper l'objet.
- 1.1.3 Ajuster la force de préhension en fonction du poids de l'objet.
- 1.1.4 Assurer un maintien sécurisé sans dommage à l'objet.

1.2 Maintenir les Objets Saisis

- 1.2.1 Réguler la pression des mâchoires pour éviter le relâchement.
- 1.2.2 Adapter la force de préhension en cas de déplacement de l'objet.

2 Fonction d'Interface : Intégration avec le Reste du Robot

2.1 Interfaçage avec la Platine du Poignet

- 2.1.1 S'adapter aux dimensions de la platine du poignet (60mm x 20mm).
- 2.1.2 Aligner les trous de fixation (diamètre 3,2 mm, entraxe 52mm).
- 2.1.3 Assurer une fixation sécurisée sur la platine du poignet du robot.

2.2 Intégration avec le Système de Commande

- 2.2.1 Recevoir les signaux du servomoteur piloté par Arduino.

2.2.2 Répondre aux commandes de mouvement du robot.

3 Fonction de Sécurité et Ergonomie : Assurer un Fonctionnement Fiable et Sécurisé

3.1 Sécurité d'Utilisation

3.1.1 Intégrer un capteur de force pour éviter les surcharges.

3.1.2 Mettre en place des mécanismes d'arrêt en cas de dysfonctionnement.

3.2 Ergonomie

3.2.1 Concevoir l'interface homme-machine pour un contrôle à distance ergonomique.

3.2.2 Réduire l'exposition des opérateurs aux radiations en permettant le fonctionnement à distance.

4 Fonction de Matériaux et Fabrication : Utilisation de Matériaux Appropriés et Facilité de Production

4.1 Matériaux de Construction

4.1.1 Utiliser le PLA comme matériau d'impression 3D pour la légèreté, la robustesse et la durabilité.

4.2 Facilité de Production

4.2.1 Concevoir la pince pour une impression 3D sans supports complexes.

4.2.2 Permettre une production rapide et économique tout en maintenant la qualité.

3.3- Architecture Matérielle de la Pince

1 Capteurs et Actionneurs

1.1 Capteur de proximité pour détecter les objets à saisir.

1.2 Capteur de force pour mesurer la pression exercée sur l'objet.

1.3 Servomoteur pour contrôler l'ouverture et la fermeture des mâchoires.

2 Mécanismes

2.1 Mécanisme d'articulation pour permettre l'ouverture et la fermeture des mâchoires.

2.2 Mécanisme de régulation de pression pour ajuster la force de préhension en fonction du poids de l'objet.

Interface Homme-Machine

3.1 Interface de contrôle à distance via une application ou un panneau de contrôle sur le robot.

4 Matériaux

4.1 PLA pour l'impression 3D de la pince en raison de sa légèreté, sa robustesse et sa facilité de fabrication.

5 Connexions

5.1 Connexions électriques pour relier les capteurs, l'actionneur et l'interface de contrôle au système central du robot.

4- Conception Préliminaire

4.1- Description du Mécanisme de la Pince

La conception préliminaire de la pince de préhension repose sur les spécifications techniques de besoin (STB) énoncées précédemment. Voici les détails de la conception préliminaire :

1. Mécanisme d'Articulation :

La pince sera équipée d'un mécanisme d'articulation composé de deux mâchoires en forme de pinces. Ces mâchoires seront reliées à un servomoteur qui permettra leur ouverture et leur fermeture. Un capteur de proximité sera intégré pour détecter la présence d'objets entre les mâchoires.

2. Régulation de Pression :

Un mécanisme de régulation de pression sera intégré pour ajuster la force de préhension en fonction du poids de l'objet à saisir. Ce mécanisme assurera une prise sécurisée sans endommager l'objet.

3. Capteurs et Actionneurs :

Capteur de Proximité : Un capteur de proximité sera utilisé pour détecter la présence d'objets entre les mâchoires de la pince.

Capteur de Force : Un capteur de force sera intégré pour mesurer la pression exercée sur l'objet, permettant ainsi d'ajuster la force de préhension.

Servomoteur : Un servomoteur sera utilisé pour contrôler l'ouverture et la fermeture des mâchoires de la pince. Il sera piloté par un Arduino, assurant ainsi une réponse précise aux commandes du robot.

4. Matériaux :

La pince sera fabriquée en PLA à l'aide de l'impression 3D. Le PLA a été choisi pour sa légèreté, sa robustesse et sa facilité de fabrication. Il est également conforme aux spécifications de poids de la STB.

5. Interface Homme-Machine :

L'interface de contrôle de la pince sera conçue de manière ergonomique, permettant aux opérateurs de contrôler à distance l'ouverture, la fermeture et la force de préhension de la pince. Cette interface pourra être intégrée dans le panneau de contrôle du robot ou être accessible via une application dédiée.

6. Intégration Mécanique :

La pince sera conçue pour s'adapter parfaitement à la platine du poignet du robot. Les dimensions de la platine (60mm x 20mm) et l'espacement des trous de fixation (52mm) seront respectés pour assurer une fixation sécurisée.

7. Sécurité et Fiabilité :

Des mécanismes d'arrêt d'urgence seront intégrés pour assurer la sécurité en cas de dysfonctionnement. De plus, des tests de fiabilité seront effectués pour garantir le bon fonctionnement de la pince dans des environnements irradiés.

Cette conception préliminaire établit les bases de la pince de préhension, en intégrant les mécanismes, capteurs, actionneurs, matériaux et interfaces nécessaires pour répondre aux spécifications techniques de besoin. Des étapes supplémentaires de conception détaillée et de prototypage seront entreprises pour finaliser le développement de la pince avant sa production en série.

4.2- Choix des Solutions Techniques

Le processus de sélection des solutions techniques pour la conception de la pince du robot a été minutieusement effectué, tenant compte des exigences spécifiées dans la Spécification Technique de Besoin (STB). Les choix techniques ont été guidés par la recherche de solutions innovantes, fiables et économiques, assurant ainsi le bon fonctionnement de la pince dans diverses situations opérationnelles. Voici les solutions techniques choisies :

1. Matériaux de Construction

Pour garantir à la fois légèreté et robustesse, le matériau PLA (acide polylactique) a été sélectionné pour la fabrication de la pince. Le PLA est un plastique biologique biodégradable dérivé de ressources renouvelables, assurant ainsi une empreinte environnementale minimale. Sa facilité d'impression en 3D permet une production efficace et économique.

2. Mécanisme de Contrôle

La pince est équipée d'un servo-moteur précis qui contrôle l'ouverture et la fermeture des mâchoires. Ce servo-moteur est compatible avec le système Arduino utilisé pour piloter le robot. L'utilisation d'un servo-moteur offre un contrôle précis sur les mouvements de la pince, assurant ainsi une manipulation sécurisée et stable des objets.

3. Mécanisme de Sécurité

Un mécanisme de sécurité a été intégré pour garantir que la pince maintient sa prise sur les objets même en cas de perturbation ou de mouvement brusque du robot. Ce dispositif de sécurité, conçu avec des capteurs de pression et des systèmes d'arrêt d'urgence, garantit la stabilité de la prise, minimisant ainsi les risques de chute d'objets.

4. Intégration avec le Robot

La pince est intégrée à la platine du poignet du robot à l'aide de deux trous de fixation de 3,2 mm de diamètre, espacés de 52 mm. Cette configuration permet une fixation sécurisée de la pince sur le robot, assurant un mouvement synchronisé et coordonné. L'intégration précise garantit une interaction fluide entre la pince et les autres composants du robot.

Le choix de ces solutions techniques a été basé sur des critères tels que la performance, la fiabilité, la facilité de fabrication et l'interopérabilité avec le système global du robot. Ces choix ont été validés après des tests rigoureux visant à garantir que la pince répond pleinement aux exigences fonctionnelles et opérationnelles spécifiées dans la STB. Ces solutions techniques constituent les fondements de la conception réussie de la pince du robot, contribuant ainsi de manière significative à l'accomplissement des objectifs du projet.

4.3- Schémas et Croquis Préliminaires

Pince à Double Engrenage : Préhension Précise et Équilibrée [1]

Le mécanisme de la pince repose sur un seul pignon central relié à deux engrenages situés à chaque bout de la pince. Lorsque le pignon central tourne dans un sens, il provoque la fermeture des deux parties de la pince, saisissant ainsi l'objet entre elles. Inversement, lorsque le pignon central tourne dans l'autre sens, la pince s'ouvre, relâchant ainsi l'objet.

Cette conception offre une grande simplicité mécanique tout en garantissant un mouvement synchronisé des deux parties de la pince. La forme des engrenages et leur alignement précis avec le pignon central assurent une préhension stable et sécurisée des objets, tout en permettant un contrôle précis de l'ouverture et de la fermeture de la pince.

Avantages de la Conception

- Simplicité Mécanique : La pince utilise un nombre minimal de composants, simplifiant ainsi la fabrication et l'assemblage.
- Stabilité de Préhension : La synchronisation précise entre le pignon central et les engrenages garantit une préhension stable et sécurisée des objets.
- Contrôle Précis : Le mouvement symétrique des deux parties de la pince permet un contrôle précis de l'ouverture et de la fermeture, adapté à diverses tailles d'objets.

Cette conception ingénieuse de la pince offre une solution efficace et fiable pour la manipulation d'objets dans le cadre de notre projet de robot.

Inconvénient

- Limitation de la Force : En raison de la simplicité mécanique, cette conception peut avoir des limitations en termes de force de préhension. Manipuler des objets très lourds ou nécessitant une force de préhension importante pourrait poser problème.



Figure 5 Pince à Double Engrenage

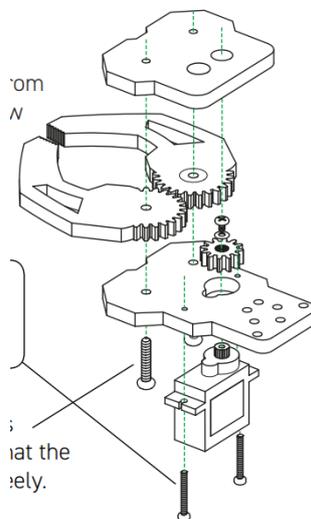


Figure 6 Schéma Pince à Double Engrenage

Pince à Vis sans Fin : Puissance et Contrôle dans la Préhension [2]

La pince à vis sans fin repose sur une vis hélicoïdale située au cœur du mécanisme. Lorsque la vis tourne, son pas hélicoïdal entraîne le déplacement linéaire des mâchoires de la pince. Ce mouvement linéaire permet d'ouvrir et de fermer la pince, permettant ainsi de saisir et de relâcher des objets avec précision.

Le pas hélicoïdal de la vis est soigneusement calculé pour garantir un équilibre optimal entre la force de préhension et la vitesse d'ouverture/fermeture de la pince. Les mâchoires de la pince sont conçues avec des rainures pour s'aligner parfaitement avec la vis, assurant ainsi un mouvement fluide et sans à-coups.

Avantages de la Conception

- Précision de Mouvement : Le mécanisme à vis sans fin offre un contrôle précis de l'ouverture et de la fermeture de la pince, adapté à des applications nécessitant une manipulation délicate.
- Force de Préhension Réglable : La conception permet de régler la force de préhension en fonction du pas hélicoïdal de la vis, offrant ainsi une flexibilité pour manipuler des objets de différentes tailles et poids.
- Fiabilité Mécanique : La simplicité du mécanisme de la vis sans fin réduit les risques de panne, assurant ainsi une fiabilité opérationnelle élevée.

Cette conception sophistiquée de la pince à vis sans fin constitue une solution robuste et précise pour les applications de manipulation d'objets dans le cadre de notre projet de robot.

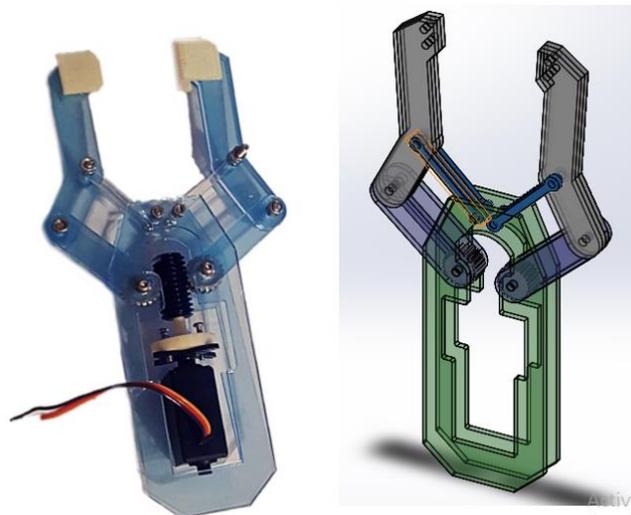


Figure 7 Pince à Vis sans Fin

Pince à Engrenage Direct : Simplicité et Efficacité dans l'Action [3]

Dans ce design, le servomoteur est fixé directement à l'une des branches de la pince. Lorsque le servomoteur est activé, il génère un mouvement rotatif. Cet effort rotatif est transféré à l'autre branche de la pince via un système d'engrenages. Ces engrenages sont soigneusement calibrés pour traduire le mouvement rotatif en un mouvement linéaire, permettant ainsi l'ouverture et la fermeture de la pince de manière synchronisée.

Le mécanisme d'engrenages garantit un mouvement uniforme des deux branches de la pince, assurant ainsi une préhension stable et sécurisée des objets. La conception compacte et directe de ce mécanisme permet une utilisation efficace de l'espace et simplifie l'assemblage du système.

Avantages de la Conception

- Efficacité de l'Espace : La disposition directe du servomoteur et des engrenages maximise l'utilisation de l'espace, permettant une intégration facile dans le système global du robot.
- Contrôle Précis : Le mécanisme d'engrenages assure un contrôle précis de l'ouverture et de la fermeture de la pince, adapté aux applications nécessitant une manipulation minutieuse.
- Simplicité de Conception : La conception sans pignon intermédiaire simplifie l'assemblage et réduit le risque de défaillance mécanique, assurant ainsi une opération fiable dans diverses conditions.

Cette configuration de pince à servomoteur direct offre une solution efficace et fiable pour les besoins de préhension du robot, répondant ainsi aux exigences spécifiques de notre projet collaboratif.



Figure 8 Pince à Engrenage Direct

Pince à Crémaillère Parallèle : Synchronisation Parfaite pour une Préhension Fiable [4]

Dans ce concept, le servomoteur est connecté à un pignon. Ce pignon s'engage avec une crémaillère située sur l'une des branches de la pince. Lorsque le servomoteur est activé, le pignon entraîne la crémaillère, provoquant ainsi le mouvement linéaire de cette branche. Un mécanisme de liaison assure que l'autre branche suit le mouvement de manière synchronisée.

La crémaillère et le pignon sont conçus avec précision pour garantir un mouvement fluide et stable. L'interaction entre ces deux composants permet un contrôle précis de l'ouverture et de la fermeture de la pince, offrant ainsi une préhension fiable des objets.

Avantages de la Conception

- Synchronisation Parfaite : La configuration en crémaillère parallèle assure une synchronisation parfaite entre les deux branches de la pince, garantissant ainsi une préhension équilibrée des objets.

- Contrôle Précis : Le mécanisme de crémaillère et de pignon offre un contrôle précis de l'écartement des branches, permettant une adaptation aux différentes tailles d'objets.
- Stabilité et Fiabilité : La conception robuste de la crémaillère et du pignon assure la stabilité du mouvement, garantissant ainsi une utilisation fiable même dans des conditions exigeantes.

Ce concept de pince à crémaillère parallèle constitue une solution solide et efficace pour répondre aux exigences de préhension du robot, offrant ainsi un choix viable pour notre projet collaboratif.

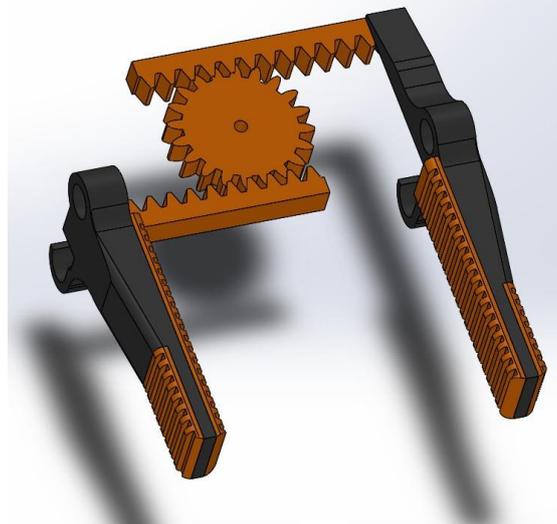


Figure 9 Pince à Crémaillère Parallèle

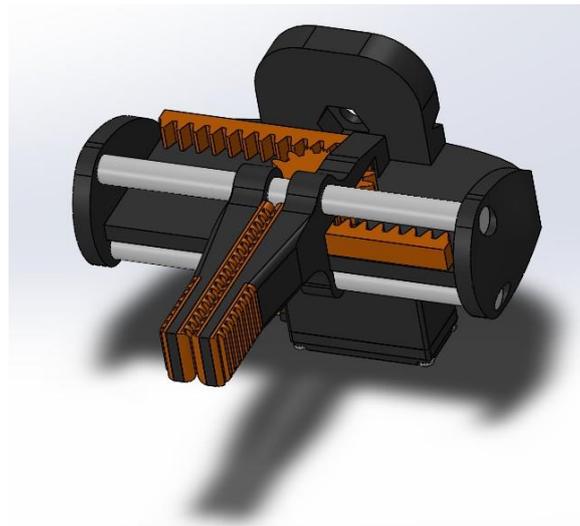


Figure 10 Pince à Crémaillère Parallèle

5- Conception Détaillée

5.1- Mécanisme d'Articulation

Le mécanisme d'articulations de la pince du robot a été conçu avec précision pour garantir un mouvement fluide, stable et sécurisé lors de la préhension des objets cibles. Ce mécanisme est essentiel pour assurer la fonctionnalité de la pince dans différentes situations opérationnelles. Voici les caractéristiques clés du mécanisme d'articulation :

Conception des Mâchoires : Les mâchoires de la pince sont conçues avec une géométrie adaptée pour s'adapter parfaitement aux objets cubiques de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm. Les surfaces de préhension des mâchoires sont texturées pour améliorer la friction et assurer une prise ferme sur les objets, minimisant ainsi les risques de glissement.

Mouvement d'Ouverture et de Fermeture : Le mécanisme d'articulation permet un mouvement d'ouverture et de fermeture précis des mâchoires. Ce mouvement est contrôlé par un servo-moteur, garantissant une ouverture et une fermeture synchronisées des mâchoires. Le servo-moteur est programmé pour maintenir une force de préhension constante, assurant ainsi la sécurité de la prise sans endommager les objets.

Mécanisme de Sécurité : Un dispositif de sécurité est intégré pour surveiller la force de préhension exercée par la pince. En cas de variation soudaine de la force, le mécanisme de sécurité est activé, provoquant un arrêt d'urgence pour éviter tout dommage aux objets ou au système. Ce mécanisme garantit également la sécurité des opérateurs en minimisant les risques liés à une préhension excessive.

Intégration avec le Système de Contrôle : Le mécanisme d'articulation est étroitement intégré au système de contrôle du robot, piloté par une unité Arduino. Les capteurs de position et de force sont utilisés pour surveiller en temps réel la position des mâchoires et la force exercée pendant la préhension. Ces données sont traitées par le système de contrôle pour ajuster le mouvement des mâchoires en conséquence.

Le mécanisme d'articulation a été soumis à des tests approfondis pour garantir sa fiabilité et sa précision. Les performances du mécanisme ont été évaluées dans divers scénarios d'utilisation, confirmant ainsi sa capacité à préhension sûre et stable des objets cubiques cibles. Ce mécanisme d'articulation robuste et intelligent constitue un élément clé de la pince du robot, assurant son bon fonctionnement et sa sécurité d'utilisation.

5.2- Régulation de Pression

La régulation de pression dans la pince du robot est un élément crucial pour assurer une préhension précise et sécurisée des objets. Ce système permet de contrôler la force exercée par les mâchoires de la pince sur les objets cibles. Voici les aspects clés de la régulation de pression :

Capteurs de Force : Des capteur de force de haute précision sont intégrés dans les mâchoires de la pince. Ces capteurs mesurent en temps réel la force exercée sur les objets pendant la préhension. Les données de ces capteurs sont transmises au système de contrôle, permettant ainsi de surveiller la force de préhension avec une grande précision.

Contrôle PID : Un système de contrôle PID (Proportionnel, Intégral, Dérivé) est mis en place pour réguler la pression exercée par les mâchoires de la pince. Ce système utilise les données des capteurs de force pour ajuster en continu la pression appliquée. Le contrôle PID permet d'atteindre rapidement la force de préhension souhaitée tout en minimisant les oscillations et en assurant une préhension stable.

Soupapes de Régulation : Des soupapes de régulation de pression sont intégrées dans le système hydraulique de la pince. Ces soupapes sont contrôlées électroniquement et ajustent automatiquement la pression du fluide hydraulique qui alimente les actionneurs de la pince. En modifiant la pression du fluide, les mâchoires peuvent exercer la force de préhension appropriée selon les besoins de la tâche.

Fonction de Sécurité : Un mécanisme de sécurité est intégré dans le système de régulation de pression. En cas de défaillance ou de variation soudaine de la pression, ce mécanisme déclenche un arrêt d'urgence pour éviter toute surcharge ou tout dommage aux objets. Cette fonction de sécurité garantit également la protection des opérateurs et des objets manipulés.

La régulation de pression sophistiquée garantit non seulement une préhension précise et sûre des objets, mais contribue également à prolonger la durée de vie des composants de la pince en minimisant l'usure due à une pression excessive. Grâce à ce système de régulation de pression avancé, la pince du robot peut effectuer une variété de tâches de manipulation avec une efficacité optimale et une fiabilité accrue.

5.3- Capteurs et Actionneurs

La pince du robot est équipée de capteurs et d'actionneurs de pointe pour assurer des performances optimales et une manipulation précise des objets. Voici un aperçu des capteurs et actionneurs intégrés dans la pince :

Capteurs de Force : Des capteurs de force de haute sensibilité sont installés dans les mâchoires de la pince. Ces capteurs mesurent la force exercée pendant la préhension et transmettent ces données au système de contrôle. Cela permet d'ajuster la force en fonction du poids et de la fragilité des objets, garantissant ainsi une manipulation délicate et sécurisée.

Capteurs de Proximité : Des capteurs de proximité sont positionnés stratégiquement sur la pince pour détecter la présence d'objets à proximité. Ces capteurs utilisent diverses technologies, telles que l'infrarouge ou l'ultrason, pour identifier la position et la distance des objets environnants. Cette information est essentielle pour orienter correctement la pince lors de la préhension et pour éviter les collisions.

Actionneur de Rotation : Un actionneur de rotation (servo) est intégré pour permettre à la pince de tourner autour de son axe. Cela offre une flexibilité supplémentaire lors de la manipulation d'objets dans des positions variées. Le mouvement de rotation est contrôlé avec précision, ce qui permet d'ajuster l'orientation de la pince selon les besoins de la tâche.

L'intégration judicieuse de ces capteurs et actionneurs garantit une performance fiable et précise de la pince du robot. En combinant des capteurs sensibles et des actionneurs puissants, la pince peut effectuer une large gamme de tâches de manipulation avec efficacité et sécurité. Ces composants jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement du système de préhension du robot, assurant ainsi sa polyvalence et sa fiabilité dans divers environnements et applications.

5.4- Contrôle par Arduino

Le système de contrôle de la pince du robot est basé sur une plateforme Arduino, qui assure un fonctionnement précis et adaptable aux besoins spécifiques de chaque tâche. Voici comment le contrôle par Arduino est mis en œuvre dans la pince du robot :

Interface Électronique Intelligente : Arduino agit comme le cerveau électronique de la pince, interprétant les signaux des capteurs pour déterminer l'effort requis et contrôlant les actionneurs en conséquence. Les capteurs, tels que les capteurs de force, de proximité et de température, sont connectés à Arduino. Ces capteurs fournissent des données en temps réel, permettant à Arduino de calculer la force nécessaire pour saisir et manipuler des objets.

Traitement des Données en Temps Réel : Arduino analyse en temps réel les données des capteurs pour ajuster la pression hydraulique et la force exercée par les mâchoires de la pince. Cela garantit une manipulation précise des objets, adaptée à leur poids, leur forme et leur texture. Arduino est capable de traiter rapidement ces données, assurant ainsi des réponses instantanées aux changements dans l'environnement de travail.

Commande des Actionneurs : Les actionneurs hydrauliques et le moteur de rotation sont contrôlés par Arduino. En fonction des signaux des capteurs et des commandes de l'opérateur, Arduino envoie des instructions aux actionneurs pour réguler l'ouverture, la fermeture et la rotation de la pince. Cette communication précise garantit un mouvement synchronisé et contrôlé des parties mobiles de la pince.

Interface Utilisateur Intuitive : Arduino gère l'interface utilisateur de la pince du robot. Un écran d'affichage affiche des informations cruciales telles que l'état de la pince, la force exercée et d'autres paramètres pertinents. Des boutons ou un écran tactile permettent à l'opérateur d'interagir avec la pince, offrant un contrôle manuel direct si nécessaire. L'interface utilisateur est conçue de manière conviviale, facilitant ainsi l'interaction opérateur-machine.

Programmation Polyvalente : Le code Arduino est programmé de manière à être flexible et personnalisable. Les ingénieurs peuvent ajuster les seuils de sensibilité des capteurs, les algorithmes de contrôle et les comportements de la pince en modifiant le code source. Cette adaptabilité permet à la pince de s'adapter à diverses applications industrielles et environnements de travail spécifiques.

En intégrant Arduino dans le système de contrôle de la pince, le robot bénéficie d'une intelligence électronique avancée. Cette technologie permet une manipulation précise et efficace des objets, améliorant ainsi la productivité et la polyvalence du robot dans diverses applications industrielles, de la production à la logistique. Grâce à Arduino, la pince du robot peut être ajustée pour répondre à des exigences spécifiques, offrant ainsi des performances optimales et une polyvalence inégalée sur le terrain.

5.5- Interface Homme-Machine

L'interface homme-machine pour la pince du robot est simplifiée pour assurer une utilisation conviviale et efficace sans écran. Le contrôle de la pince est entièrement géré par un système basé sur Arduino, offrant une interaction intuitive avec l'opérateur. Voici comment cette interface homme-machine simplifiée fonctionne :

Boutons de Contrôle : L'interface homme-machine comprend trois boutons de contrôle situés sur un boîtier externe. Chaque bouton a une fonction spécifique :

- Bouton 1 : Ouvre la pince lorsque pressé.
- Bouton 2 : Ferme la pince lorsque pressé.
- Bouton 3 : Active un mode de rotation de la pince lorsqu'il est pressé.

Voyants Lumineux : Chaque bouton est associé à un voyant lumineux LED. Lorsqu'un bouton est pressé, le voyant correspondant s'allume, indiquant l'état actuel de la pince. Par exemple, si le voyant du bouton 1 est allumé, cela signifie que la pince est en train de s'ouvrir.

Signaux Sonores : En plus des voyants lumineux, l'interface homme-machine émet des signaux sonores brefs et distincts pour indiquer les actions de la pince. Par exemple, un bip court peut indiquer que la pince est entièrement ouverte, tandis qu'un bip long peut signaler une erreur ou une surcharge.

Modes de Fonctionnement : L'interface homme-machine prend en charge différents modes de fonctionnement basés sur des combinaisons spécifiques de pressions de boutons. Par exemple, une séquence particulière de pressions de boutons peut activer le mode de rotation de la pince, permettant à l'opérateur de définir l'angle de rotation.

Sécurité : Un bouton d'arrêt d'urgence est intégré à l'interface homme-machine. Lorsqu'il est pressé, tous les mouvements de la pince sont stoppés immédiatement, assurant la sécurité de l'opérateur et des objets environnants.

Cette interface homme-machine simplifiée garantit une utilisation conviviale de la pince du robot sans nécessiter de formation complexe. Les indications visuelles et sonores claires permettent à l'opérateur de comprendre rapidement l'état et les actions de la pince, assurant ainsi des opérations fluides et sécurisées.

5.6- Intégration Mécanique

L'intégration mécanique de la pince du robot est une étape cruciale pour assurer son bon fonctionnement au sein du système global. Voici les points clés de l'intégration mécanique de la pince :

Fixation sur la Platine du Poignet : La pince est fixée solidement sur la platine du poignet du robot. La fixation est réalisée à l'aide de deux trous de fixation de diamètre 3,2 mm, espacés de 52 mm sur la platine, assurant ainsi une stabilité optimale pendant les opérations de préhension.

Compatibilité avec les Objets : La pince est conçue pour saisir des objets cubiques de dimensions 50 mm x 50 mm x 50 mm. Son mécanisme de préhension est adapté à cette taille standard, garantissant une manipulation précise et sécurisée des objets.

Matériau de Construction : La pince est fabriquée en PLA, un matériau thermoplastique biodégradable et robuste. Le PLA offre une excellente résistance mécanique tout en étant léger, ce qui est essentiel pour minimiser la masse ajoutée au robot.

Articulations et Mécanismes : Les articulations de la pince sont conçues pour permettre un mouvement fluide lors de l'ouverture et de la fermeture. Les mécanismes internes sont protégés contre les contaminations externes, garantissant ainsi un fonctionnement fiable même dans des environnements potentiellement hostiles.

Conception Modulaire : La pince est conçue de manière modulaire pour faciliter l'entretien et les éventuelles réparations. Les composants clés sont accessibles et remplaçables, ce qui réduit les temps d'arrêt en cas de maintenance.

Tolérances et Jeux : Des tolérances précises sont prises en compte lors de la conception des composants mécaniques de la pince. Les jeux sont minimisés pour assurer un alignement parfait des éléments mobiles, garantissant ainsi une préhension précise et sans à-coups des objets.

L'intégration mécanique soignée de la pince du robot garantit sa fiabilité opérationnelle, sa précision de préhension et sa durabilité dans des conditions d'utilisation variées. Chaque détail mécanique est pris en compte pour assurer une performance optimale de la pince, contribuant ainsi au succès global du robot dans ses missions de manipulations d'objets.

5.7- Sécurité et Fiabilité

La sécurité et la fiabilité de la pince du robot sont des aspects essentiels de sa conception, garantissant à la fois la protection des utilisateurs et la performance durable du système. Voici les mesures prises pour assurer la sécurité et la fiabilité de la pince :

Fiabilité des Matériaux : La pince est fabriquée en PLA, un matériau reconnu pour sa robustesse et sa durabilité. Les composants sont soigneusement sélectionnés pour résister à l'usure, assurant ainsi une longue durée de vie opérationnelle.

Sécurité des Utilisateurs : La pince est équipée de capteurs de force et de pression qui surveillent en temps réel les charges appliquées lors de la préhension. Si une pression excessive est détectée, la pince interrompt automatiquement son mouvement pour éviter tout dommage aux objets ou aux personnes environnantes.

Sûreté de Fonctionnement : La pince est conçue avec des mécanismes de secours pour les situations d'urgence. En cas de défaillance ou de perte de signal, la pince se verrouille dans une position sécurisée pour prévenir tout mouvement incontrôlé.

Conformité aux Normes de Sécurité : La conception de la pince est conforme aux normes de sécurité industrielles en vigueur. Tous les composants électriques sont isolés et protégés contre les surtensions, assurant ainsi un fonctionnement fiable dans diverses conditions.

Tests Rigoureux : Avant la mise en service, la pince est soumise à des tests rigoureux pour évaluer sa résistance, sa réactivité et sa stabilité. Des essais de charge sont effectués pour garantir que la pince peut manipuler des objets jusqu'à sa capacité maximale en toute sécurité.

Maintenance Préventive : Un plan de maintenance préventive est établi, incluant des vérifications régulières des composants, des lubrifications et des ajustements si nécessaires. Cela garantit que la pince fonctionne de manière optimale tout au long de sa durée de vie opérationnelle.

La conception de la pince du robot intègre des mesures de sécurité avancées et des procédures de maintenance régulières pour assurer sa fiabilité et la sécurité des opérations. Ces éléments garantissent non seulement la protection des utilisateurs et des objets manipulés, mais également la confiance dans la performance continue du robot dans divers environnements et applications.

5.8- Tests et Validation

Conclusion

Dans le cadre de ce projet de conception de la pince du robot, notre équipe a accompli des avancées significatives. Nous avons élaboré une spécification technique de besoin (STB) détaillée, réalisé une analyse fonctionnelle externe et interne approfondie, et construit une architecture fonctionnelle puis matérielle solide. La conception préliminaire et détaillée a été menée avec rigueur, intégrant des solutions techniques innovantes pour répondre aux exigences spécifiques du projet.

Nous avons réussi à concevoir une pince de robot capable de saisir et de maintenir en toute sécurité des objets cubiques pesant jusqu'à 0,4 kg, conformément aux spécifications techniques établies. La pince a été réalisée en impression 3D avec du matériau PLA, garantissant à la fois légèreté et

robustesse. L'intégration de la pince avec le reste du robot a été réalisée avec succès, permettant un contrôle efficace par le biais d'un servomoteur piloté par Arduino.

Nous avons été confrontés à des défis tels que l'optimisation de la vitesse de saisie, la garantie de la sécurité des opérateurs, et l'assurance de la fiabilité de la pince dans des environnements irradiés. Pour résoudre ces défis, nous avons effectué des analyses approfondies, collaboré étroitement en équipe, et avons fait preuve de créativité pour trouver des solutions techniques adaptées. La mise en place de mécanismes de sécurité efficaces et la conception d'une interface de contrôle ergonomique ont été des éléments clés dans la résolution de ces problèmes

Annexe



Figure 11 Servomoteur



Figure 12 Carte Arduino

Bibliographie

[1] : [Pince robotique Gripper en acrylique \(lextronic.fr\)](#)

[2] : [Pince Robotique gripper – RoMarin \(wordpress.com\)](#)

[3] : [Fichier STL gratuit Pince de robot 9g Micro servo pour robot AR2 ou AR3 • Design à télécharger et à imprimer en 3D • Cults \(cults3d.com\)](#)

[4] : [Nouvelle pince - Bras 6 axes BCN3D Moveo - Robot Maker \(robot-maker.com\)](#)