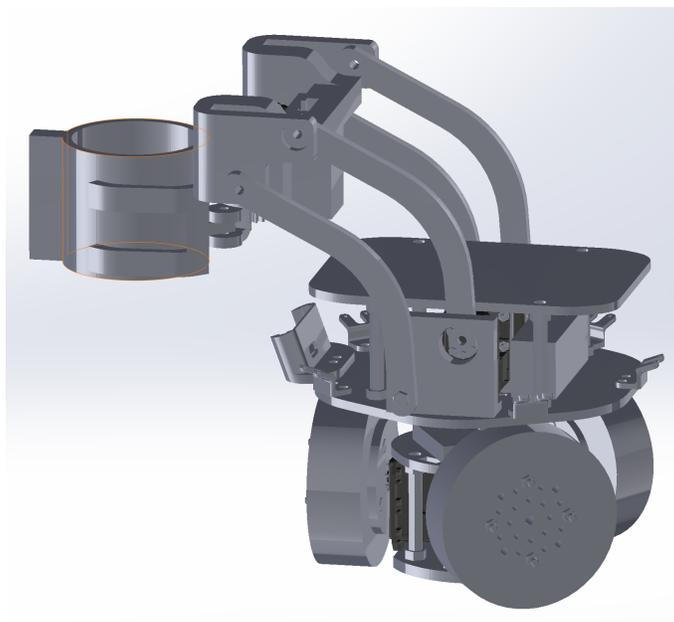




Rapport de stage 2A: Base holonome pour l'aide à la préparation de repas

Laurent POTIN

October 23, 2022



Résumé

Mon projet était de concevoir un robot se déplaçant de manière cartésienne sur un plan de travail dans une cuisine. Son rôle est de saisir des objets comme une tasse afin de faciliter la vie d'une personne à mobilité réduite ou d'une personne âgée en lui apportant des objets. J'ai donc modélisé puis imprimé en 3D un robot en 4 étages. Il dispose de trois roues pour se déplacer et d'un bras au bout duquel plusieurs pinces peuvent être fixées afin de saisir ou de pousser des objets. Pour contrôler le robot j'utilise une carte Odroid et une carte Arduino communiquant via ROS pour envoyer les consignes aux différents moteurs et aux autres composants. Plusieurs capteurs ainsi qu'une caméra permettent au robot de se repérer dans l'espace et de détecter les objets à saisir.

Abstract

My project was to design a robot that moves holonomously on a kitchen counter. Its role is to pick up objects like a cup in order to facilitate the life of a person with reduced mobility or an elderly person. So I modeled and 3D printed a robot in 4 levels. It has three wheels to move and an arm at the end of which several clamps can be attached to grab or push objects. To control the robot I use an Odroid board and an Arduino board communicating via ROS to send instructions to the different motors and other components. Several sensors and a camera allow the robot to find its way in space and to detect the objects to grab.

Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier l'ensemble de la chaire Maintien à domicile (M@D), ils m'ont particulièrement bien accueilli et intégré. Cette bonne ambiance m'a permis de travailler sereinement et d'être soutenu lorsque je bloquais sur mon projet.

J'aimerais plus spécifiquement remercier mes maîtres de stage Abbas Ramadan ainsi que Yann Musellec qui m'ont beaucoup aidé et aiguillé dans mon travail, particulièrement vers la fin de mon stage lors de l'assemblage des différents composants ainsi que sur la programmation de certains composants comme la caméra.

Je voudrais également remercier Florent de Lamotte qui m'a beaucoup apporté tout au long du stage que ce soit lors des réunions hebdomadaires ou lors de simples visites. Il m'a permis de gagner en efficacité et d'obtenir un modèle plus précis et mieux optimisé.

Je voudrais aussi remercier Tom Costa, Gaétan Izzi ainsi que Donovan Joncour, trois autres stagiaires avec qui j'ai passé la majeure partie de mon stage et avec qui l'entraide était fréquente sur nos différents projets.

Table des matières

1	Introduction	5
1.1	La chaire Maintien @ Domicile	5
1.1.1	Les axes de la chaire M@D	5
1.2	Contexte du projet	6
1.2.1	L'existant	6
1.2.2	Les objectifs	7
1.3	Organisation du rapport	8
2	Architecture mécanique	8
2.1	Premier étage : support des moteurs	8
2.2	Pincés	11
2.2.1	Pince à ressort	11
2.2.2	Pince à crochets	12
2.2.3	Pince balai	13
2.2.4	Comparatif	14
2.3	Bras	15
2.4	Capteurs	17
2.4.1	Capteurs de distance	17
2.4.2	Caméra	18
2.5	Deuxième, troisième et dernier étage	19
2.6	Assemblage global	20
3	Architecture électrique	21
3.1	Evaluation de l'état de la batterie	23
3.2	Shield Arduino	23
4	Programmation	24
4.1	Déplacements	24
4.2	La pince	26
4.3	Le bras	26
4.4	Les capteurs	27
4.4.1	Les capteurs de distance	27
4.4.2	La caméra	27
5	Missions liées au robot	28
5.1	Roboscol	28
5.2	Un joystick pour la base holonome	29
5.3	Scénarios	29
5.3.1	Contrôle manuel	30
5.3.2	Prise d'objet autonome	30
5.3.3	Rebond	31

6	Travail restant	31
7	Conclusion	31
8	Bibliographie	33
9	Annexes	33

1 Introduction

Dans le cadre de ma quatrième année de formation d'ingénieur à l'ENSTA Bretagne, j'ai réalisé un stage d'assistant ingénieur pendant quatre mois à la chaire Maintien @ Domicile (M@D) à Lorient.

1.1 La chaire Maintien @ Domicile

La chaire Maintien à Domicile (M@D) est un projet lancé en novembre 2017. La chaire M@D est un projet porté par L'IMT (Institut Mines-Télécom) Atlantique et par l'UBS (Université Bretagne Sud) et mené par l'ENSIBS (École Nationale Supérieure d'ingénieurs de Bretagne Sud) en partenariat avec le centre de Kerpape, un établissement de réadaptation. Le but de la chaire but est d'aider le maintien à domicile des personnes en situation de handicap ou en perte d'autonomie.

L'activité de la chaire s'appuie sur les deux « living labs », labellisés par le forum des Livings Labs Santé Autonomie (LLSA), de IMT Atlantique et du centre de rééducation de Kerpape, mais également sur le nouvel appartement connecté de l'ENSIBS à Lorient. Plusieurs problématiques sont abordées par la chaire :

- la facilitation du maintien à domicile grâce à des équipements ou des services d'aide à la personne dans leur quotidien
- la lutte contre l'isolement des personnes que ce soit sur le plan physique comme cognitif ou affectif

1.1.1 Les axes de la chaire M@D

Le travail de la chaire est concentré sur quatre grands axes principaux :

- mesure de l'activité analyse de la vie quotidienne. L'objectif de développer des moyens de perception et d'analyse des activités de la vie quotidienne. Par la suite, l'analyse de ces données permet notamment de détecter des situations à risques.

- sécurisation de la personne. Dans l'objectif de la détection de chutes, de la localisation des personnes plusieurs projets sont développés comme des robots compagnons. C'est dans ce but qu'est développé le projet Cuisin'Adapt. Il s'agit d'un projet de cuisine autonome et sécurisée. Il peut s'agir de plaques de cuisson qui détectent la présence de casserole et peuvent prévenir la personne si un plat reste sur le feu ou bien un logiciel d'aide à la préparation de repas. C'est dans ce projet que s'inscrit la base holonome pour l'aide à la préparation de repas sur laquelle j'ai travaillé lors de mon stage. Il s'agit d'un robot qui saisit des objets pour les apporter à la personne afin de lui faciliter la tâche.

- nouveaux environnements interactifs d'accompagnement. L'objectif de cet axe est de réduire l'isolement physique comme cognitif ou affectif grâce notamment à des robots compagnons qui accompagne la personne dans la vie quotidienne.

- télé-activités fonctionnelles. On retrouve dans cet axe un projet de tissu intelligent qui permettrait de prévenir par exemple des escarres grâce à des capteurs de pression ou encore un robot coach qui est prévu pour jouer le rôle d'un kinésithérapeute. En effet, il va reproduire les mouvements des exercices que doit faire la personne et corriger si nécessaire les mouvements réalisés par la personne.

1.2 Contexte du projet

Mon stage s'inscrit dans le projet Cuisin'Adapt de la chaire M@D. Le rôle du robot est de se déplacer sur le plan de travail afin d'attraper et déplacer des objets pour faciliter les tâches de la personne ou pour collaborer avec un autre robot. Il peut par exemple, apporter une tasse ou un ustensile à la personne aidée afin de lui éviter d'avoir à se déplacer en permanence. Cependant, elle n'a qu'un rôle de support, elle ne va pas pouvoir préparer un repas mais plutôt apporter des ingrédients lorsque nécessaire. De plus, la base holonome doit uniquement déplacer des objets déjà présents sur le plan de travail.

1.2.1 L'existant

Pour réaliser mon prototype de base holonome, je devais m'inspirer d'un des robots présents à l'ENSIBS (figure 2). Il s'agit également d'une base holonome. Elle possède cinq capteurs de distance qui lui permettent de se déplacer. En effet, trois d'entre eux, placés autour de la base, détectent la présence d'un obstacle et dès qu'un obstacle est perçu, la base se déplace dans la direction opposée. Mon projet était nettement similaire dans cet usage de capteurs, cependant mon prototype ne devait pas détecter un obstacle mais une absence d'obstacle à savoir le bord d'une table.

Par ailleurs, deux autres capteurs, sont placés sur le dessus de la base. Lorsque l'un d'eux détecte une présence, il fait pivoter la base sur elle-même. De la même manière, lorsque l'autre capteur détecte une présence, il fait pivoter la base sur elle-même dans l'autre sens.

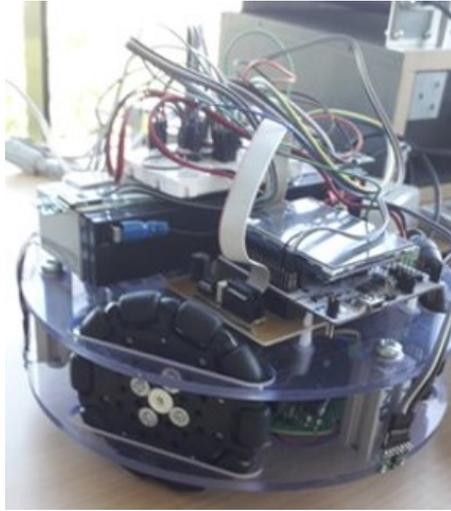


FIGURE 2 : Base holonome de l'ENSIBS

Une autre base holonome qui m'a servie d'exemple : le robot Kaya de NVIDIA (figure 3). C'est une base de taille très compacte qui se déplace de manière cartésienne également. Par ailleurs, elle possède une sorte de pelle à l'avant qui lui permet de pousser des objets. Une caméra placée à l'avant du robot lui offre une vision sur son environnement ainsi que sur les objets à saisir. Une courte vidéo de présentation des actions de la base est disponible en annexe.



FIGURE 3 : Robot Kaya NVIDIA

Ces deux robots recourent déjà de nombreuses fonctions que nous souhaitons intégrer dans le prototype de la base holonome. En effet, ces deux bases se déplacent de manière cartésienne. La première utilise des capteurs de distance pour se repérer comme la base holonome pour détecter les bords de table. La seconde possède une "pince" qui lui permet de déplacer des objets et une caméra qui lui permet de repérer les objets à saisir ainsi que de savoir où elle se situe dans l'espace

1.2.2 Les objectifs

L'objectif principal de mon stage était de créer un premier prototype de base holonome. Ce prototype avait plusieurs contraintes notamment :

- être plus petit que le prototype de l'ENSIBS présenté précédemment
- disposer de capteurs lui permettant de détecter les bords de la table afin d'éviter tout risque de chute
- pouvoir se déplacer de manière cartésienne comme le prototype existant
- avoir un système permettant de déplacer des petits objets. La taille maximale établie au début du stage était celle d'une tasse soit environ 8 cm de diamètre. Pour ce qui est du poids maximal, il était fixé à 400 g soit environ le poids d'un verre ou d'une tasse à moitié remplie.
- intégrer le middleware ROS afin de pouvoir communiquer si besoin avec d'autres robots

Une grande importance était placée sur la taille du prototype. En effet, l'objectif du robot est d'être situé sur le plan de travail d'une cuisine or ce type d'espace n'étant pas grand, il était primordial d'avoir un prototype le plus petit possible. Pour les mêmes raisons, le déplacement cartésien était tout aussi important.

1.3 Organisation du rapport

Dans ce rapport je présenterais tout d'abord l'architecture mécanique du robot en présentant notamment la modélisation SolidWorks du robot. Ensuite Je présenterai l'architecture électrique du robot afin d'expliquer comment les différents composants sont raccordés entre eux. Je poursuivrai en détaillant les différents programmes qui permettent de faire fonctionner le robot. Enfin je parlerai des missions liés au robot et du travail qu'il reste à faire sur ce premier prototype.

2 Architecture mécanique

2.1 Premier étage : support des moteurs

Le premier étage est très important car c'est surtout lui qui va définir la largeur du robot. Il a donc été refait plusieurs au cours du stage afin d'optimiser la taille de ce dernier. C'est sur cet étage que l'on retrouve les trois moteurs permettant le déplacement du robot ainsi que les roues holonomes. Pour cela j'utilisais les mêmes roues holonomes que celles du robot de l'ENSIBS ainsi que des moteurs Dynamixel MX28AT.

Dans un premier temps, j'avais choisi de partir sur une base triangulaire (figure 4) avec les moteurs placés à l'horizontal. Le premier prototype était de forme triangulaire. Sur ce premier prototype, les moteurs étaient fixés au premier étage grâce à des équerres. Des profilés taraudés permettaient de soutenir les étages suivant. Ce premier modèle marchait relativement bien et il m'a permis de tester les premiers déplacements du robot mais il n'était pas du tout optimal. En effet, beaucoup d'espace était perdu avec les équerres et les profilés. De plus, sa taille était proche du robot de l'ENSIBS or le but était de réduire au maximum sa taille. Par ailleurs, nous voulions un prototype facilement reproductible or toutes mes pièces étaient sciées, taraudées ou percées manuellement.



FIGURE 4 : Premier prototype

Ainsi nous avons remplacé le premier étage et les équerres par une seule pièce (figure 5) sur laquelle les moteurs viennent se fixer directement.

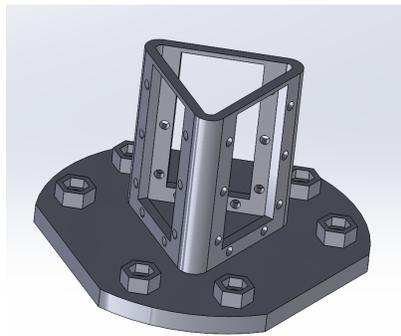


FIGURE 5 : Modèle SolidWorks du premier étage

De plus, après plusieurs autres tests, les moteurs originellement placés horizontalement sont finalement placés verticalement pour gagner une fois de plus de l'espace. En outre, afin de rapprocher le bas de cet étage du sol, les roues sont fixées aux moteurs en position hautes (voir figure 6).



FIGURE 6 : Positions des moteurs dans le premier prototype puis dans le second et enfin dans la version finale du prototype

Les profilés ont été remplacés par des entretoises (figure 7) pour faciliter la construction du prototype et sa reproduction. Grâce à la verticalité des moteurs, le bas du robot est proche du sol ce qui abaisse son centre de gravité et nous permet de gagner en stabilité. Le problème de cette version est son montage. En effet, comme les moteurs viennent se fixer directement sur la partie centrale de la pièce, il est nécessaire de visser de l'intérieur vers l'extérieur. Pour fixer les deux premiers moteurs ce n'est pas un problème car l'on peut utiliser l'espace du moteur non placé. Cependant le dernier moteur est complexe à fixer car l'espace pour manoeuvrer est particulièrement étroit.



FIGURE 7 : Dernière version du premier étage

Pour ce qui est de la fixation des roues j'ai utilisé une pièce intermédiaire (figure 8) qui se fixe d'une part au moteur et d'autre part aux roues. La pièce est suffisamment épaisse pour pouvoir accueillir les têtes de vis pour que la roue ne soit pas désaxée par des têtes de vis dépassant à différents niveaux.

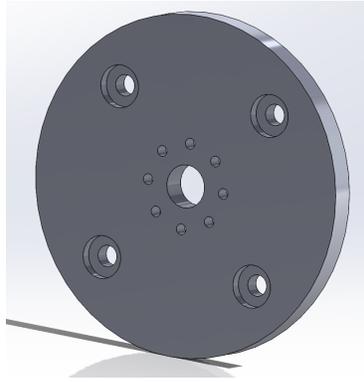


FIGURE 8 : Modèle SolidWorks de la pièce intermédiaire entre les roues et les moteurs

2.2 Pinces

Dans un premier temps, on m'a demandé de créer plusieurs modèles de pinces afin de voir laquelle était la plus adaptée à la situation, en terme de taille et de précision. De plus, l'objectif était d'avoir un unique type de fixation afin de pouvoir changer facilement de pince selon le besoin. La fixation choisie est une simple glissière verticale bloquée sur le bas. J'ai choisi ce système car elle permet de changer de pince rapidement et le degré de liberté restant n'est pas un problème puisque la gravité empêche la pince de sortir. Les critères en terme de poids et de taille d'objet étaient de pouvoir saisir une tasse ou un verre plein soit un diamètre d'environ 8 cm et un poids d'environ 400 g comme évoqué précédemment. Certaines idées ont vite été écartées pour leur complexité ou leur faisabilité, je vais vous présenter trois pinces qui ont été gardées le plus longtemps dans le projet.

2.2.1 Pince à ressort

La première pince (figure 9 à droite) réalisée était un agrandissement d'une pince du robot Niryo (figure 9 à gauche) présent à la chaire. Elle permet de prendre des objets grands comme petits avec une grande précision. Le problème étant sa taille particulièrement importante. En effet, la pince du Niryo est relativement petite mais elle est prévue pour ne saisir que des objets petits or l'objectif était d'attraper une tasse pleine. Il fallait donc que le diamètre intérieur soit assez grand. De plus, je craignais de ne pas avoir une prise suffisante si la tasse n'était saisie que par le bout de la pince. J'ai considérablement agrandi la pince pour qu'elle puisse accueillir une tasse. J'ai ensuite imprimé en 3D un premier modèle (figure 10) mais cela m'a permis de réaliser à quel point la pince était beaucoup trop imposante. Elle était presque plus grande que le robot en lui-même ce qui n'était pas acceptable étant donné que nous souhaitions réduire au maximum la taille de ce dernier. Par ailleurs, cela aurait encore affaibli la stabilité du robot du fait du poids de la pince mais aussi le bras de levier entre l'objet saisi et le point d'attache du bras. Après avoir retravaillé dessus j'ai réussi à réduire la taille de la pince mais elle demeure pour l'instant trop grande c'est pourquoi cette pince a été laissée de côté pour ce projet.

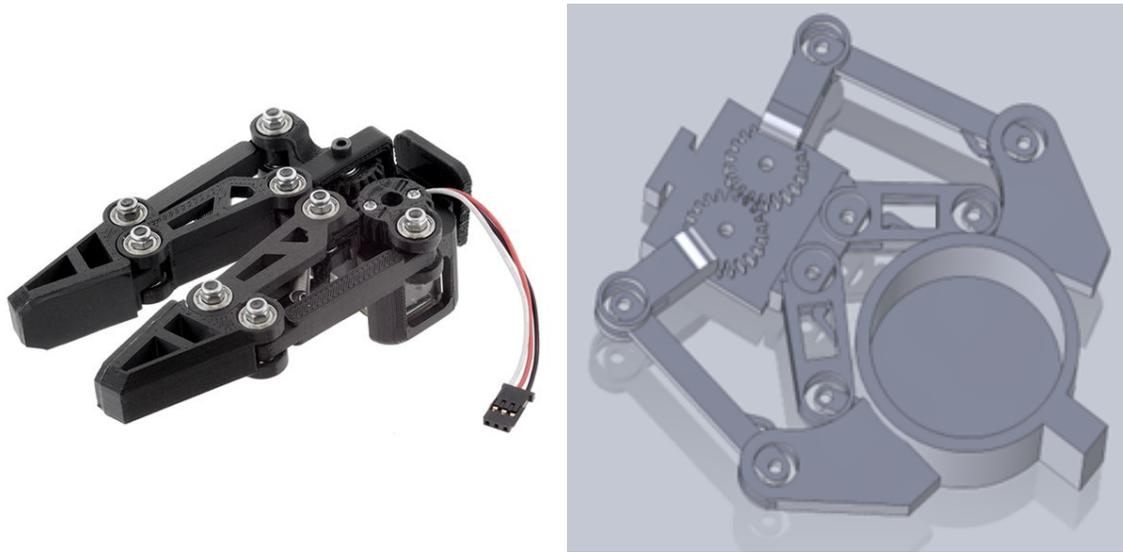


FIGURE 9 : Pince modèle (Niryo) et modèle SolidWorks retravaillé

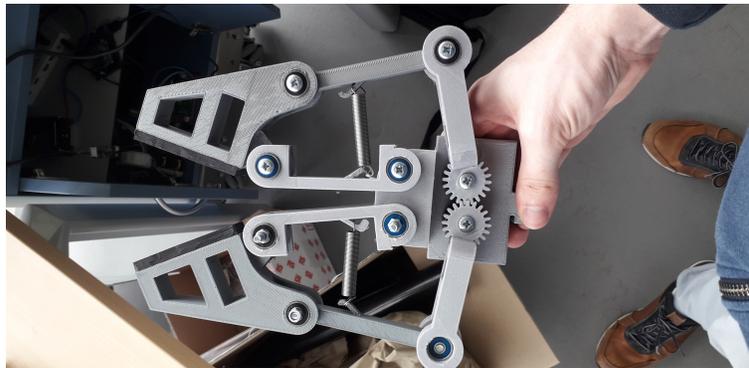


FIGURE 10 : Version imprimée de la pince à ressort

2.2.2 Pince à crochets

La deuxième pince que j'ai modélisé est une pince avec des crochets. Elle reprend le système d'engrenage de la première pince car il fonctionnait très bien. Cependant les mâchoires de la pince sont bien moins grandes. Elles permettent de saisir de grands objets grâce à la large ouverture des crochets mais aussi de petits grâce à l'entrecroisement des deux mâchoires. De plus, l'arrondi des crochets permet une meilleure saisie des objets. Il y a une liaison pivot entre les pièces engrenage et les crochets au lieu d'une liaison encastrement. Une liaison encastrement est néanmoins assurée par un montage par pincement entre les crochets et les pièces engrenage qui finit de bloquer le mouvement des crochets. Ainsi il est possible de choisir l'écartement des crochets selon la taille des objets à saisir. Pour ma part j'ai choisi un écartement moyen, assez grand pour saisir une tasse mais pas beaucoup plus grand. Par ailleurs j'ai ajouté des bandes en caoutchouc afin d'éviter aux objets saisis de glisser dans la

pince. C'est cette pince qui a été choisie pour le prototype que j'ai réalisé. Elle a donc été imprimée et c'est avec cette pince que les tests ont été réalisés.

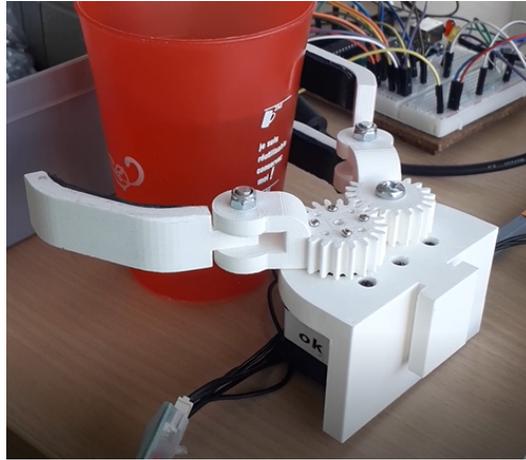


FIGURE 11 : Version imprimée de la pince à crochets

Il existe une autre version de cette pince réalisée pour un moteur plus petit et moins coûteux (le dynamixel XL320). Cette version est de taille similaire et seules les pièces liées au moteur diffèrent. Nous avons donc un autre support qui est plus petit, un engrenage côté moteur qui n'a pas la même fixation ainsi qu'une petite pièce permettant de lier l'engrenage au moteur. Cette pince n'a pas été imprimée entièrement mais les pièces particulières notamment la liaison entre le moteur et l'engrenage a été testée et est fonctionnelle. Cette pince supportera des efforts moindre par rapport à la pince réalisée. Premièrement à cause du moteur qui est moins puissant mais aussi à cause de la liaison entre la pince et le moteur qui est en partie réalisée avec des clips qui ne sont pas aussi résistants.

2.2.3 Pince balai

Dans un premier temps, il n'était pas certain que nous puissions soulever des objets et encore moins que nous puissions les placer sur le dessus du robot. Ainsi nous avons prévu une pince balai (figure 12). Cette dernière pince n'en est pas vraiment une mais elle a quand même son utilité dans le projet. En effet, le robot ayant pour but d'aider une personne en déplaçant des objets, le robot pourrait donc ramasser un ensemble de déchets sur le plan de travail sans avoir à les saisir un par un. Elle est plus large que les autres afin de pouvoir recevoir un nombre d'objets plus important. Sa taille importante nécessite une modification de la consigne de position de déploiement du bras. En effet, avec la consigne actuelle, cette pince va heurter le sol bien avant d'atteindre la position envoyée en consigne. Les moteurs vont donc forcer jusqu'à se placer en mode sécurité à cause d'un effort trop important. La pince balai n'a pas été imprimée en 3D.

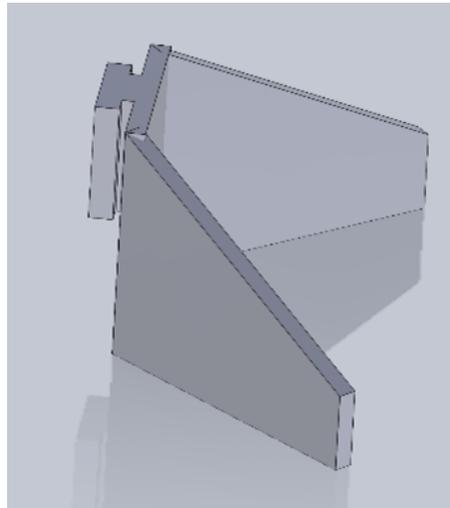


FIGURE 12 : Modèle SolidWorks de la pince balai

2.2.4 Comparatif

Afin de résumer les avantages et les inconvénients de chaque pince réalisée, voici un tableau comparatif (figure 13). Les points clés définissant le choix de la pince sont sa taille et sa capacité à bien saisir les objets.

Pinces	Crochets	Ressorts	Balai
Préhension des objets petits	Bonne préhension mais risque d'écrasement à cause des efforts inégalement répartis	Très bonne préhension	Aucune, la pince pousse simplement les objets
Préhension des objets grands	Bonne préhension mais le diamètre peut être rapidement limité si l'objet est plus grand qu'une tasse	Très bonne préhension, moins de limitation de taille	Aucune, la pince pousse simplement les objets
Taille	Relativement petite, entre 10 et 15 cm de long	Trop imposante, près de 25 cm sur le premier prototype et encore 20 cm après réduction	Assez petite également en longueur mais beaucoup plus large afin de récupérer un plus grand champ d'objets
Moteurs	1 moteur Dynamixel MX28AT pour la version utilisée mais possible avec un XL320	1 moteur Dynamixel MX28AT	Aucun moteur

FIGURE 13 : Tableau comparatifs des différentes pinces

2.3 Bras

L'objectif était simplement de saisir l'objet et de le soulever du sol. La contrainte étant qu'il ne devait pas être trop imposant par rapport au robot. De plus, il devait être capable de supporter le poids d'une tasse remplie.

Dans un premier temps, j'avais imaginé fixer une petite plateforme le long d'une pièce (figure 14) allant sur toute la hauteur du robot. Cette pièce était fixée à un profilé au bas du robot et au dernier étage en haut du robot. La pince était fixée sur une petite plateforme et cette plateforme pouvait monter et descendre. Pour ce faire, un moteur, placé en haut du robot devait faire monter la pince grâce à un câble attaché à la plateforme. Deux glissières étaient prévues pour guider le mouvement au long de la montée afin de stabiliser le déplacement.

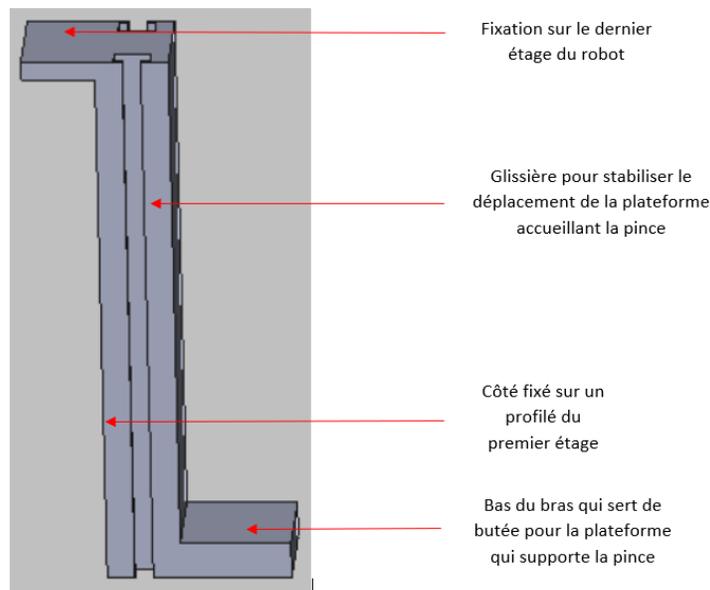


FIGURE 14 : Schéma de la première version du bras

Cependant, avoir une pince en permanence sur le devant du robot augmentait la taille de ce dernier. De plus, la stabilité du robot aurait été plus faible car le centre de gravité était plus en avant du robot. Grâce à des modélisations SolidWorks, j'ai pu constater que lorsque la pince était soulevée avec un objet le centre de gravité arrivait à la limite entre la plateforme et le reste du robot. Le risque de basculement étant important lors des déplacements du robot nous avons préféré abandonner cette solution. En outre, le moteur aurait dû maintenir un effort constant pendant toute la durée du déplacement ce qui aurait augmenté la consommation de ce dernier ainsi que le risque de casse.

Ainsi, pour éviter tout risque de basculement et pour réduire les efforts permanents nous avons préféré la solution du plateau sur le dessus du robot. Nous nous sommes inspiré du robot Khepera IV de K TEAM (figure 15).

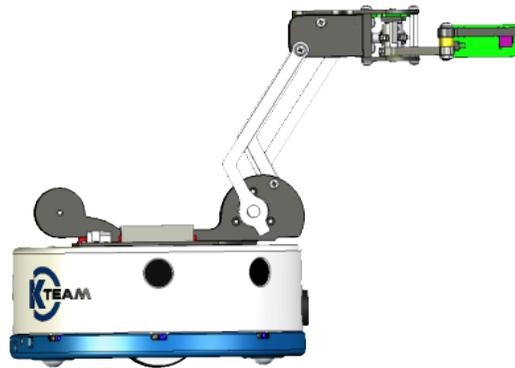


FIGURE 15 : Robot Khepera IV de K TEAM

Le bras du robot se compose de deux parties principales : quatre pièces coudées qui forment la majeure partie du bras, une pièce plus large qui sert de "main" puisqu'elle permet d'accueillir les différentes pinces. Les pièces coudées ne sont pas toutes identiques bien qu'elles aient le même format. En effet, deux d'entre-elles sont directement fixées sur les moteurs afin de contrôler le bras alors que les deux autres servent à empêcher le basculement de la main ce qui est primordial lorsque l'objet saisi est un verre d'eau par exemple.

Dans un premier temps, j'avais imaginé de faire fonctionner le bras avec un seul moteur (figure 16). Les simulations que j'avais réalisées sur Solidworks indiquaient que les efforts dus à la prise d'une tasse de 400 grammes étaient en-deçà des capacités du moteur. Cela permettait d'économiser un moteur car ceux-ci sont assez cher (plus de 300 euros). Cependant, les efforts n'étant pas symétriques, ils étaient plus importants que prévu. De plus, des frottements importants apparaissaient au niveau de la "main" ainsi que de la fixation sur le troisième étage ce qui augmentait les efforts et risquait à terme de fragiliser voire de casser le bras du robot.



FIGURE 16 : Version du bras avec un moteur

Pour finir nous sommes passés à deux moteurs (figure 17). Cela permet mieux répartir les efforts. De plus, cela permet d'augmenter les capacités du bras en terme de poids ou en tout cas de réduire l'effort demandé aux moteurs.

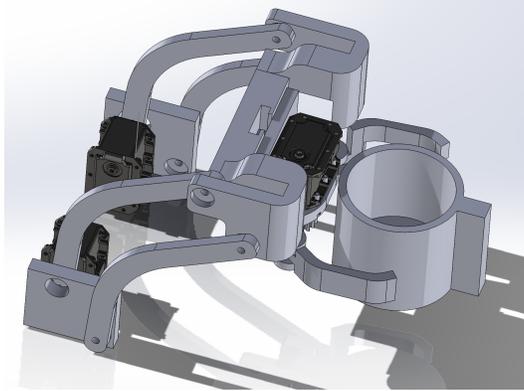


FIGURE 17 : Modèle SolidWorks de la version finale du bras avec deux moteur

La prise ou le dépôt d'un objet est prévue pour être réalisée lorsque le robot est à l'arrêt ce qui augmente encore sa stabilité. Cependant, le robot peut se déplacer lorsque le bras est sorti ce qui est nécessaire pour bien saisir les objets ainsi que pour les pousser lors de l'utilisation d'une pince balai. En effet, lorsque l'objet est assez grand, si le robot est assez proche de ce dernier pour qu'il soit dans la pince lors du déploiement du bras, la collision entre le bas du support de pince et l'objet est inévitable. Il est donc préférable de déployer le bras relativement proche de l'objet mais pas trop non plus puis d'avancer un peu pour bien placer la pince par rapport au robot. Par ailleurs, une fois l'objet déposé sur le plateau du robot, et bien que la consigne de rester rangé est envoyée au bras, les moteurs qui contrôlent celui-ci n'ont aucun effort à fournir.

2.4 Capteurs

2.4.1 Capteurs de distance

Le robot devant se déplacer sur une table, nous avons choisi de placer cinq capteurs de distance tout autour du robot afin de lui éviter de chuter de la table. Les capteurs utilisés pour détecter les bords de la table sont des VL53L0X de Pololu. Ils fonctionnent en I2C et renvoient la distance en millimètres. Ces capteurs sont placés sur le même étage que le bras et la caméra. Ils sont orientés vers le bas, légèrement inclinés grâce à de petits supports imprimés (figure18) pour détecter le bord de la table avant qu'il ne soit trop tard. Ils sont tous contrôlés sur le bus I2C de la carte Arduino. Ils détectent le bord de la table lorsque le robot est situé à environ cinq centimètres du bord de la table, cela peut varier selon l'orientation du robot car les placements ne sont pas complètement symétriques. En effet, à l'avant, il n'était pas possible de conserver la symétrie car le capteur était sur la trajectoire du bras. Les capteurs avant ont donc été légèrement décalés et éloignés des côtés.

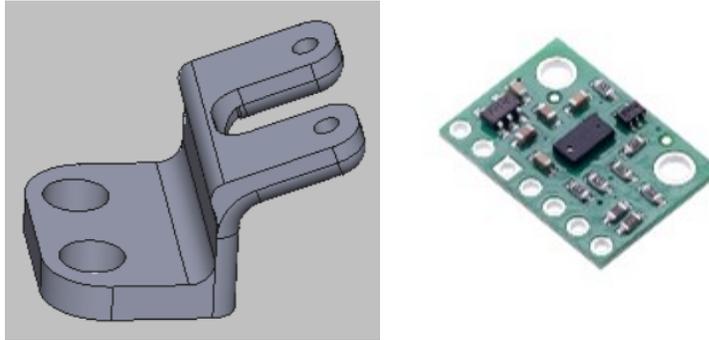


FIGURE 18 : Modèle SolidWorks d'un support de capteur et un capteur VL53L0X

2.4.2 Caméra

L'objectif de la caméra sur ce robot est, dans un premier temps, de réussir à détecter des objets à saisir pour permettre au robot de savoir où il est par rapport à l'objet. La caméra utilisée pour ce projet est la Astra Stéréo S d'Orbbec (figure 19). Elle a été choisie car elle est compacte et dispose d'une vision en profondeur ce qui permet de détecter les bords de la table ou bien des objets. Cependant, nous n'avons pas réussi à récupérer la composante de profondeur de la caméra. N'ayant que la vision RGB de la caméra, nous avons choisi une autre solution : marquer les objets à attraper avec une couleur particulière. Nous avons donc placé un morceau de scotch bleu sur l'objet à saisir. Par la suite, la caméra devrait également permettre de détecter les bords de la table si ceux-ci disposent également d'un marqueur particulier. Cependant les capteurs de distance suffisent à détecter les bords.

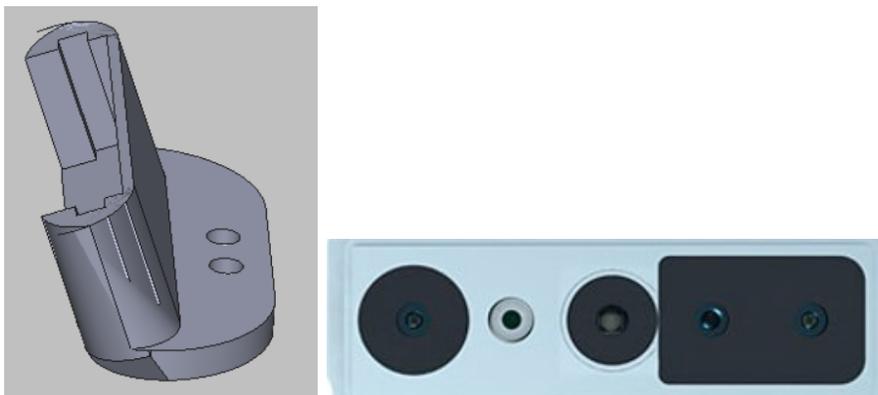


FIGURE 19 : Modèle SolidWorks du support et caméra Astra Stéréo S

La caméra est située à l'avant du robot sur le troisième étage. La contrainte était de trouver le bon angle pour la caméra. En effet, il fallait la pointer suffisamment vers le bas pour qu'elle puisse voir l'objet à courte distance ainsi que les bords de la table si nécessaire. De plus, il fallait qu'elle soit suffisamment vers le haut pour pouvoir voir l'objet d'assez loin.

J'ai donc modélisé un support de caméra (figure 19) utilisant la même technique que le porte-pince, à savoir une glissière. En effet, la forme particulière de la caméra utilisée permettait de bien la maintenir grâce à cette simple glissière. Par ailleurs, un trou à l'arrière du support permet la sortie de câble de branchement de la caméra.

2.5 Deuxième, troisième et dernier étage

Le deuxième étage (figure 20) est assez simple, il est proche du premier étage avec trois trous afin de permettre aux câbles TTL des moteurs de passer. De plus, trois entretoises viennent se fixer sur cet étage afin de supporter les suivants et les six entretoises du premier étage se fixent également sur cette pièce.

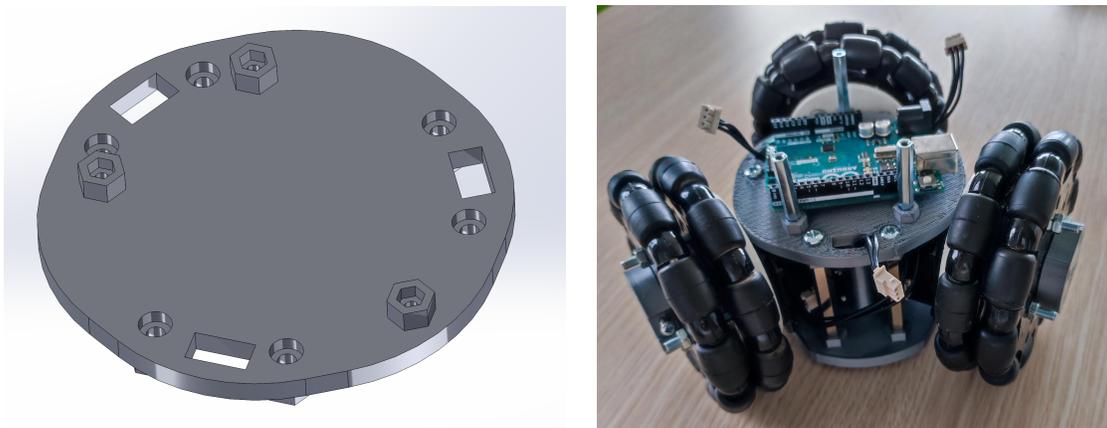


FIGURE 20 : Deuxième étage : modèle SolidWorks et version réelle montée sur le robot

Le troisième étage (figure 21) est le plus chargé et le plus large, en effet, il recouvre totalement les roues afin de gagner de la place sans augmenter la taille du robot. Il reçoit le bras du robot, les capteurs de distance tout autour, la caméra à l'avant mais aussi la batterie ainsi que l'Odroid. Par ailleurs, il accueille les trois entretoises du deuxième étage et quatre entretoises pour soutenir le dernier étage.

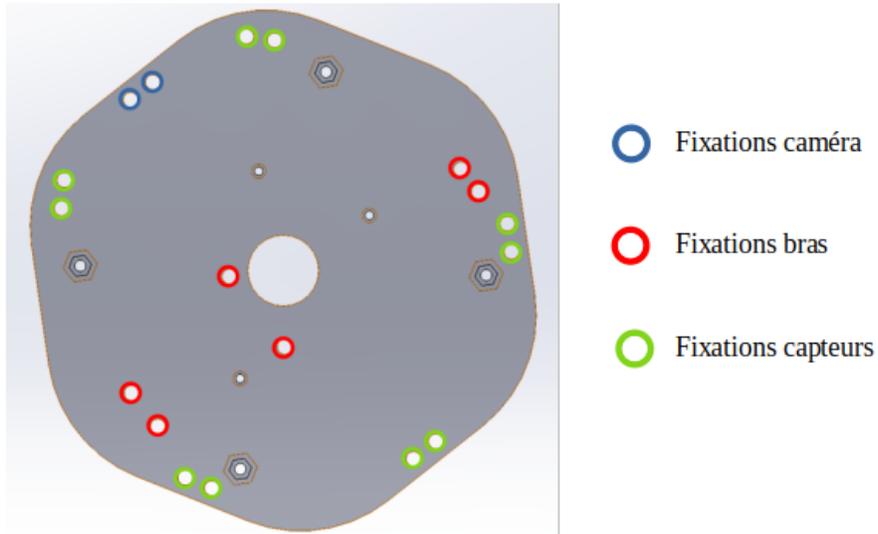


FIGURE 21 : Troisième étage

Sur la figure 21, on peut voir les différents trous de fixations des capteurs, de la caméra ainsi que ceux du bras.

Le dernier étage (figure 22) est très simple, il s'agit d'une plateforme rectangulaire soutenue par quatre entretoises. Cet étage a pour unique but d'accueillir la pince ainsi que l'objet saisi par celle-ci. La largeur du dernier étage est légèrement plus faible que celle du troisième étage car le bras doit pouvoir passer sur les côtés de la plateforme.

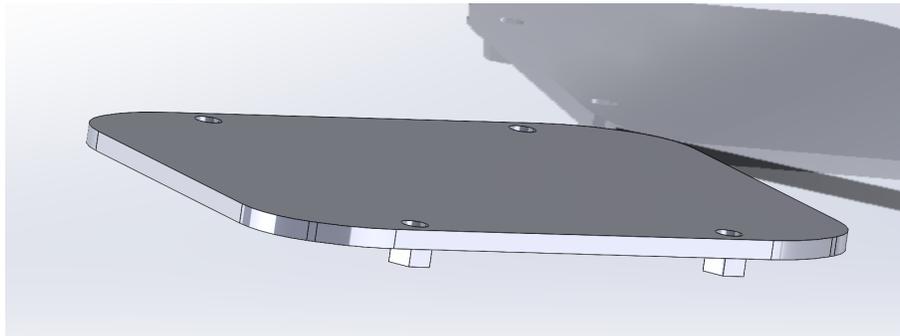


FIGURE 22 : Dernier étage

2.6 Assemblage global

Après avoir conçu les composants principaux, l'assemblage est réalisé. Sur SolidWorks (figure 23) il n'y pas eu de problème cependant pour le montage réel, l'ordre de montage était très contraignant par manque d'espace ou par superposition de certains éléments notamment au niveau du troisième étage.

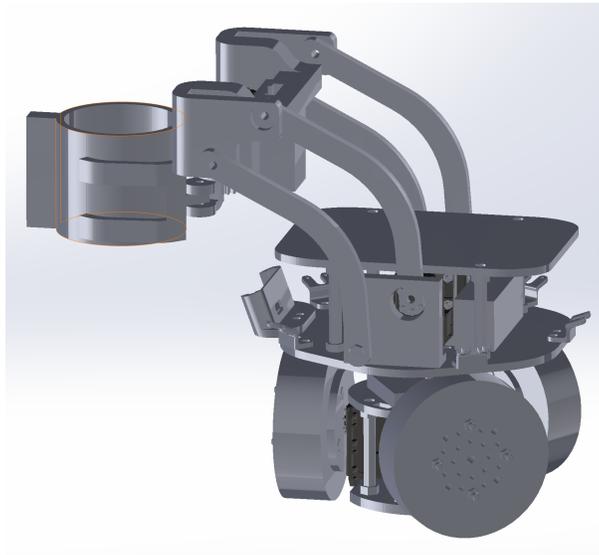


FIGURE 23 : Modèle Solidworks complet

Sur la figure 23, on peut voir l'assemblage SolidWorks complet avec une tasse dans la pince. De plus, sur la figure 24 on peut voir l'assemblage réel fini ainsi qu'un rappel des positions des différents composants

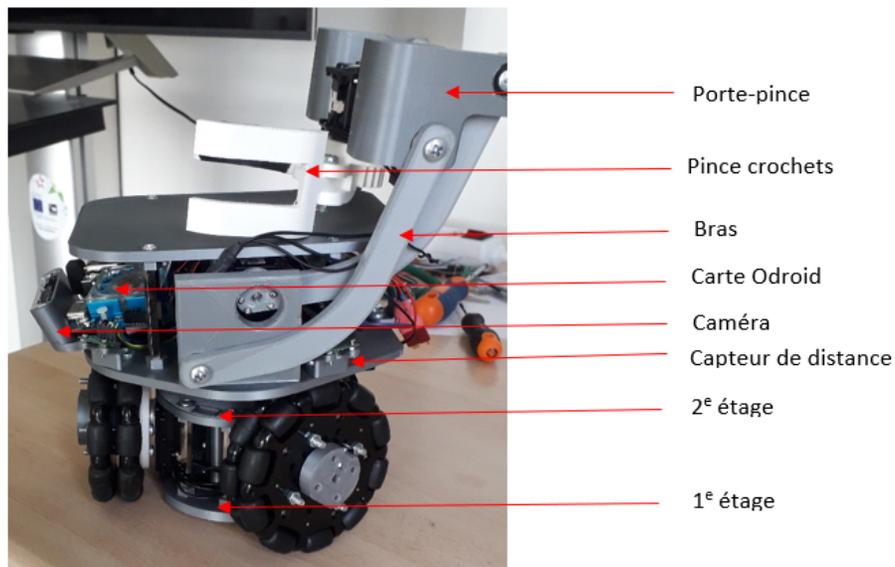


FIGURE 24 : Assemblage final avec les pièces imprimées et les différents composants

3 Architecture électrique

Sur le robot il y a deux cartes de commande qui communiquent. D'un côté il y a la carte Arduino qui contrôle les moteurs reliés aux roues afin de gérer les déplacements du robot.

Elle contrôle également les cinq capteurs de distance, ainsi que le système d'évaluation du niveau de la batterie dont elle envoie les informations à l'Odroid. De l'autre côté, il y a la carte Odroid xu4 qui centralise les informations et envoie les consignes. Elle envoie donc les consignes de déplacement à la carte Arduino. Elle contrôle également directement les moteurs du bras et de la pince ainsi que la caméra. La batterie utilisée alimente le circuit en 12V ce qui est la bonne tension pour les moteurs utilisés. Néanmoins la carte Odroid doit être alimentée en 5V donc un convertisseur 12V/5V a été ajouté.

Sur la figure 25 on peut voir plus clairement quelle carte contrôle les différents moteurs ainsi que les liaisons entre les différents composants. Par ailleurs, les flèches rouges d'alimentation correspondent en réalité à une seule et même batterie comme expliqué plus haut.

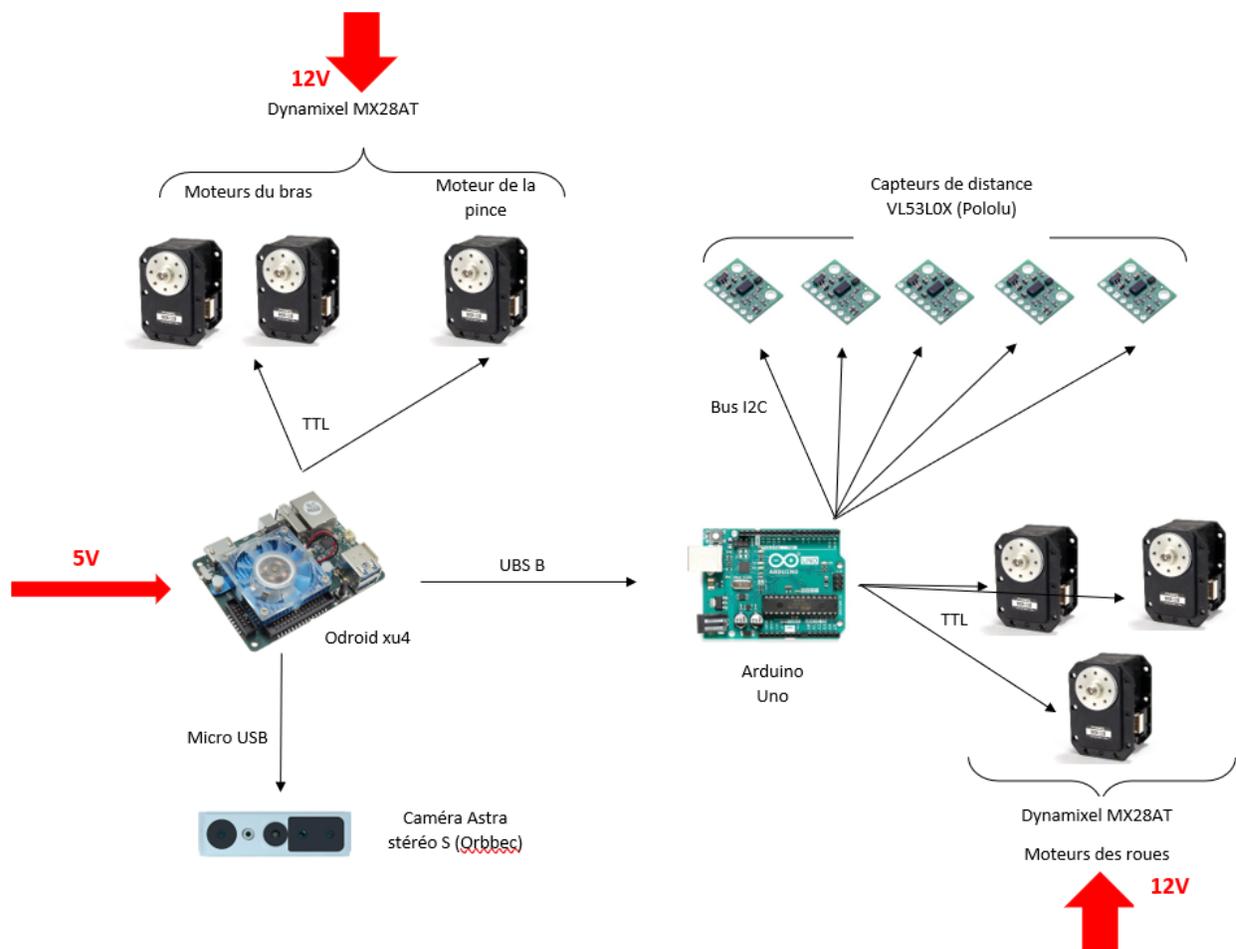


FIGURE 25 : Architecture électrique

3.1 Evaluation de l'état de la batterie

Afin de connaître l'état de la batterie en permanence, on réalise un pont diviseur de tension (figure 26). On récupère donc une tension diminuée sur un des ports analogiques de la carte Arduino. Si la batterie est suffisamment chargée, on allume une LED verte et lorsque la batterie devient faible on allume une LED rouge. De plus, un message ROS envoie la valeur de la batterie sous la forme d'un double (Float64).

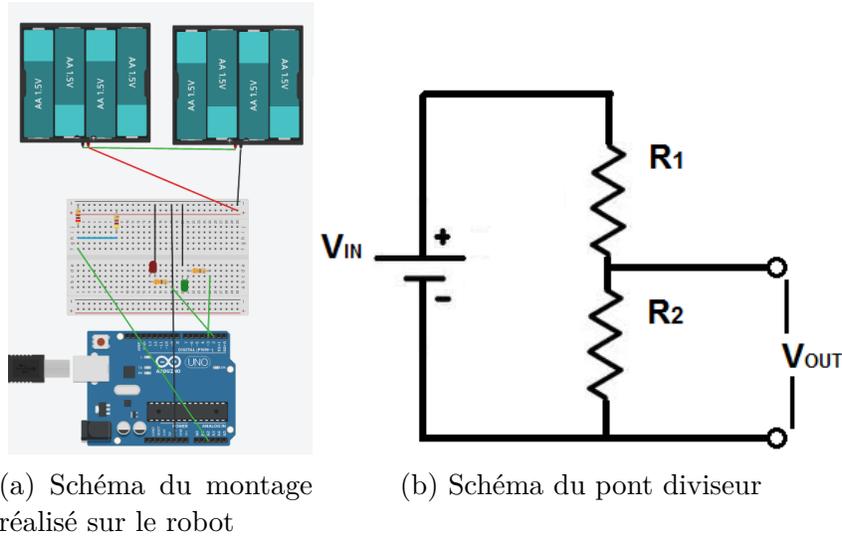


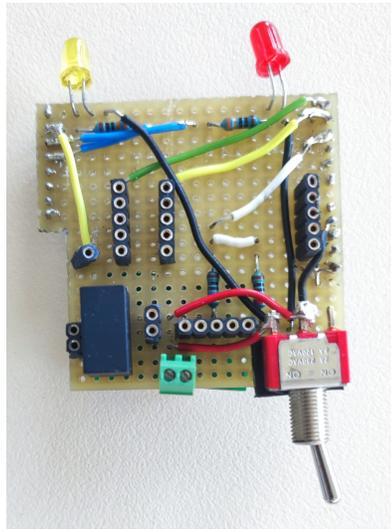
FIGURE 26 : Pont diviseur pour évaluer la tension de la batterie

$$V_{out} = V_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (1)$$

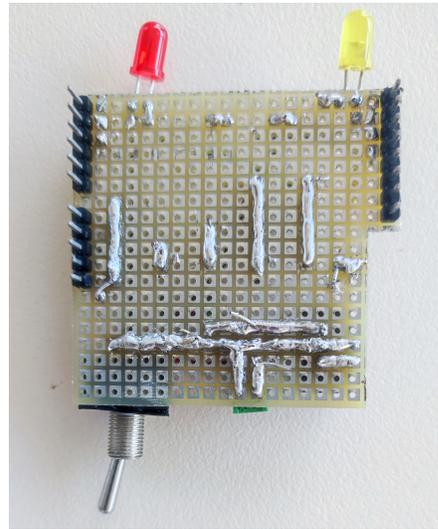
La résistance R_1 est à 470 ohm et la résistance R_2 est à 270 ohm. Ainsi avec l'équation (1), on parvient à obtenir en sortie une tension (V_{out}) inférieure à 5V qui est la limite supportée par les ports analogiques de la carte Arduino.

3.2 Shield Arduino

Afin de regrouper les différents composants liés à la carte Arduino, j'ai réalisé un shield (figure 27). Il permet notamment de lier les fils destinés aux capteurs de distance (alimentation, masse, SDA, SCL). Il accueille également le pont diviseur de tension présenté dans le paragraphe précédent, un convertisseur 5V permettant d'alimenter la carte Odroid, les LED indiquant la valeur de la batterie ainsi qu'un bouton ON/OFF permettant de couper l'alimentation de tous les composants. Pour le faire, j'ai utilisé une veroboard sur laquelle j'ai soudé les différents composants.



(a) recto



(b) verso

FIGURE 27 : Shield Arduino recto-verso

Sur la figure 27 on peut voir :

- le pont diviseur avec les fils blancs et les deux résistances situées vers le bas à droite du shield.
- les fils bleus alimentent les LEDs pour compléter l'information du pont diviseur
- le fil jaune tout à gauche envoie la consigne aux moteurs.
- pour les capteurs il y a les ports (groupés par cinq connecteurs femelles pour circuit imprimé) d'alimentation situés entre les deux fils rouges, de masse situé sur la droite, SCL reliés au fil vert et SDA reliés au fil jaune de droite
- à droite du convertisseur 12V/5V il y a l'alimentation des moteurs (les deux ports groupés) et à gauche il y a l'alimentation de l'Odroid (les deux ports groupés) qui reçoit donc du 5V
- en vert en bas on retrouve un bornier à vis qui sert d'arrivée de l'alimentation globale qui est reliée au bouton à droite qui redistribue l'énergie aux autres composants

4 Programmation

4.1 Déplacements

L'objectif du robot était de pouvoir se déplacer dans toutes les directions sans pivoter sur lui-même. J'ai donc décomposé le mouvement du robot en deux :

- un mouvement « avant/arrière » où le robot avance ou recule tout droit
- un mouvement « droite/gauche » où le robot avance en crabe vers la droite ou la gauche

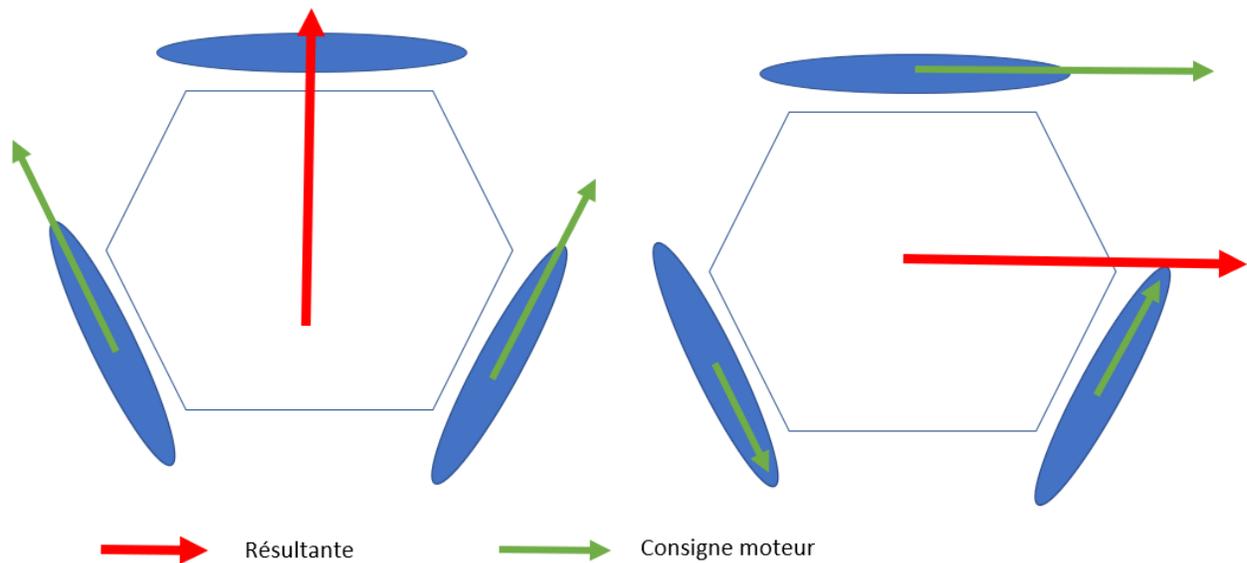


FIGURE 28 : Schéma des consignes selon les déplacements (vers l'avant à gauche et vers la droite à droite)

Lorsque le robot veut se déplacer vers l'avant (figure 28 à gauche), il active les deux moteurs sur les côtés. Les composantes perpendiculaires vont s'annuler grâce à la symétrie de positionnement des moteurs. Ainsi la résultante va bien vers l'avant en partant de l'axe de symétrie droite-gauche du robot. De la même manière, si l'on souhaite reculer avec le robot, il suffit d'envoyer la consigne inverse et faire tourner les moteurs sur les côtés dans l'autre sens.

Si l'on souhaite déplacer le robot sur la droite (figure 28 à droite), on active le moteur à l'avant vers la droite. De plus, on active les deux autres moteurs dans des sens opposés (celui de droite comme s'il allait vers l'avant et celui de gauche comme s'il allait vers l'arrière) avec une norme d'un demi par rapport à la vitesse du moteur de l'avant. La composante perpendiculaire s'annule grâce aux deux moteurs sur les côtés allant dans des directions opposées. De plus, la résultante dans le sens du mouvement est la même à l'avant comme à l'arrière grâce à la consigne plus faible sur les deux moteurs arrière ce qui permet d'empêcher la rotation du robot. Ainsi on obtient bien une résultante allant vers la droite en partant de l'axe de symétrie haut-bas du robot. De la même manière, si l'on souhaite aller vers la gauche, on inverse toutes ces consignes.

Le programme final reçoit un angle entre -180° et 180° via ROS en considérant que 0° correspond au robot allant tout droit. Le robot calcule ensuite quelle vitesse donner à chaque moteur pour se déplacer dans la direction souhaitée grâce à un proportionnel entre les déplacements «avant/arrière» et «droite/gauche». Cette consigne est envoyée par message ROS sous la forme d'un vecteur de taille 3 (Vector3). Plusieurs programmes peuvent récupérer cette information. Tout d'abord j'ai fait un programme de test en python qui récupère ces

informations et qui les envoie directement aux moteurs. Par la suite, j'ai fait un programme Arduino, puisque les moteurs gérant la direction sont contrôlés par la carte Arduino. Ce programme agit similairement au programme python au détail près que la carte Arduino ne peut envoyer de consigne négative, il faut donc choisir LEFT ou RIGHT selon le signe de la consigne.

4.2 La pince

La pince a deux états : ouvert ou fermé. Le programme reçoit donc un booléen via ROS (True si la pince doit se fermer et False si elle doit s'ouvrir). Les moteurs permettent de détecter la position du moteur ainsi que l'effort effectué par le moteur. Ainsi, pour fermer la pince, on réduit peu à peu l'espace entre les deux crochets jusqu'à qu'ils touchent l'objet. Une fois l'objet en contact avec les crochets, la position physique du moteur ne change pas mais on continue de réduire la consigne position afin d'augmenter la pression des crochets sur l'objet pour être certain qu'il ne glisse pas. Une fois un certain seuil d'effort atteint, on arrête de resserrer les crochets et le bras peut soulever l'objet. Si l'objet vient à bouger lors du serrage de la pince, le programme recommence à l'étape "entrer en contact avec l'objet".

Le seuil de pression a été choisi expérimentalement de manière à avoir une prise suffisamment forte pour que l'objet ne glisse pas sans être surélevé car il est inutile de faire forcer le moteur pour rien. Cependant, il sera impossible de saisir des objets fragiles ou très souples sans changer le seuil car la pince risque de les écraser ou de les déformer comme un gobelet en carton par exemple.

Pour ouvrir la pince, c'est plus simple, il s'agit simplement d'une consigne de position. Cette position a été choisie expérimentalement de manière à avoir une ouverture suffisamment grande pour laisser passer les objets sans venir heurter le bord du support. Cette position peut varier selon les pinces choisies, il faut donc pour l'instant régler ce paramètre avant de changer de pince.

Des premiers tests ont été réalisés sans le bras afin de voir si la pince pouvait supporter le poids d'un verre, d'abord vide puis rempli d'eau, les vidéos sont disponibles en annexe.

4.3 Le bras

De la même manière que la pince, le bras a deux états « sorti » et « rangé ». On envoie donc encore une fois un booléen (True si la pince doit sortir et False sinon). Lorsque le bras se déploie le programme est assez simple, il s'agit juste d'un contrôle en position du moteur puisque les efforts sont moins importants que lors du rangement du bras. Cependant, lorsque la pince doit se ranger, j'ai ajouté une sécurité afin éviter d'abîmer le moteur. On utilise une nouvelle fois la capacité des moteurs à mesurer le couple moteur. Ainsi, lorsque le couple est trop important (en valeur absolue), on considère que l'objet saisi est trop lourd et on le repose. Ainsi on évite la surcharge du moteur.

Le seuil de sécurité choisi est de 50% par rapport à l'effort maximal des moteurs. Cela

peut paraître bas par rapport aux capacités des moteurs mais cela est suffisant par rapport aux objectifs fixés (à savoir soulever une tasse remplie). Par ailleurs cette limite est loin d'être atteinte dans le cas de la saisie d'une tasse remplie puisque l'on atteint les 30-35%. Cette sécurité permet en outre de réduire le risque surchauffe moteur car les moteurs ont tendance à rapidement chauffer lors d'un effort important. Sans oublier que le bras est en PLA et que certaines parties ne sont pas renforcées et pourraient casser si l'objet soutenu était trop lourd. Si l'on venait par la suite à changer les objectifs du robot il suffirait d'augmenter ce seuil.

4.4 Les capteurs

4.4.1 Les capteurs de distance

Le programme commence par affecter les adresses aux différents capteurs, ensuite il récupère les valeurs des capteurs puis les renvoie dans un message ROS créé pour l'occasion (un vecteur de taille 5). Les valeurs ont été uniformisées avec des offsets relevés expérimentalement. Le programme central est ensuite censé traiter les valeurs reçues pour éviter au robot de tomber mais cette partie n'a pas encore été implémentée. De plus, un programme de démonstration faisant "rebondir" le robot sur les bords de la table a été écrit mais pas testé par manque de temps.

4.4.2 La caméra

Un premier programme en C++ a été réalisé par Yann Musellec, un de mes encadrants, afin de récupérer l'image de la caméra sous la forme d'un tableau RGB. J'ai donc créé un programme qui récupère ce tableau via ROS. Ensuite, j'applique un masque pour ne garder que la couleur bleue. La couleur a été choisie arbitrairement car j'avais du scotch bleu à disposition, par la suite, il est probable que cette couleur soit à changer car ce n'est pas une couleur très unique donc un grand nombre d'objet peuvent gêner la caméra dans la détection d'objets. Ensuite, j'applique plusieurs ouvertures et fermetures pour éliminer au maximum les résidus extérieurs au scotch principal.

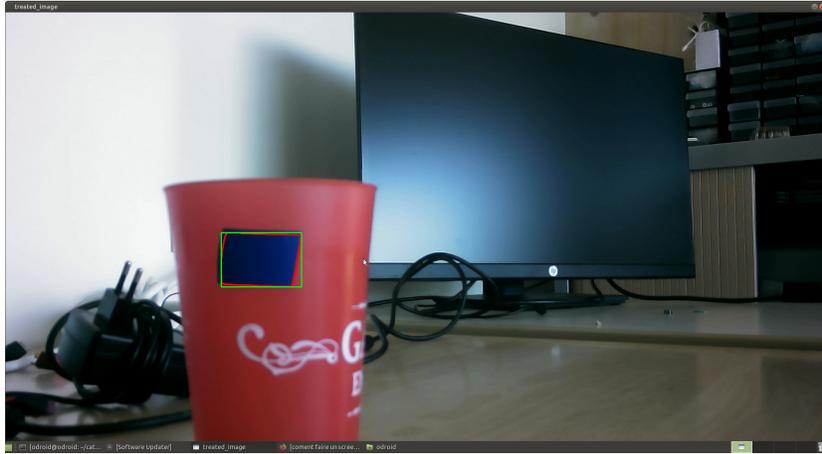


FIGURE 29 : Image de la caméra traitée pour détecter un morceau de scotch bleu

Une fois, le rectangle du scotch (en rouge sur la figure 29) correctement obtenu j'encadre le rectangle repéré en prenant les pixels les plus éloignés de chaque côté. On peut voir en rouge sur l'image le contour de la forme résultant du masque et en vert le rectangle encadrant cette forme. Le programme va ensuite renvoyer deux valeurs à l'intérieur d'un vecteur (Vector3 dans ROS) : la largeur du rectangle vert afin d'estimer la distance à laquelle se situe l'objet et la position du milieu du rectangle vert afin d'estimer la position de l'objet par rapport à la caméra.

5 Missions liées au robot

5.1 Roboscol

Lors de mon stage j'ai pu découvrir la vulgarisation de mon travail. En effet, j'ai eu la chance de participer à Roboscol, une initiative qui permet à des classes de primaires et de collèves de programmer des robots et de les mettre en scène pour raconter une histoire (figure 30).



FIGURE 30 : Image d'une histoire réalisée avec des robots par des élèves de primaire et collègue

Notre rôle était d’animer des petits ateliers pour les élèves afin de leur présenter notre travail. Je leur ai donc montré mon premier prototype de la base holonome en leur expliquant brièvement comment je m’y étais pris pour le faire. J’avais aussi amené le robot de l’ENSIBS dont je m’étais inspiré. Ensuite, je leur ai montré quelques déplacements du robot avec des programmes le faisant se déplacer en carré ou en triangle pour qu’ils comprennent mieux le principe du déplacement cartésien. Par la suite, ils ont pu le contrôler eux-même avec le clavier grâce à plusieurs programmes. Le premier était assez abordable puisqu’il leur permettait de déplacer le robot dans huit directions différentes (avant, arrière, droite, gauche, avant-droite, avant-gauche, etc) avec les chiffres de mon clavier (8 pour l’avant, 2 pour l’arrière, 4 pour la gauche, 9 pour l’avant-droite, etc).

Le second programme, un peu plus technique leur permettait de contrôler les moteurs un par un avec, par moteur, une touche pour incrémenter la vitesse dans le sens horaire et une autre pour l’incrémenter dans le sens trigonométrique. Cela leur a permis de comprendre encore un peu plus le fonctionnement du déplacement cartésien et ses difficultés. Cette expérience était très enrichissante, elle m’a permis d’avoir un regard plus candide sur mon projet et échanger avec eux était intéressant. Cela m’a appris à adapter mon discours au public ce qui n’est pas toujours simple quand on ne connaît pas le champ de connaissance de son interlocuteur.

5.2 Un joystick pour la base holonome

Pendant la majeure partie de mon stage, je travaillais en parallèle d’autres stagiaires qui travaillaient sur des projets différents mais avec certaines similitudes. Avec l’aide d’un autre stagiaire, nous avons fusionné nos deux projets le temps d’une expérimentation. Le stagiaire en question, Gaétan Izzi, travaillait sur des communications, notamment bluetooth, entre différents ESP. Par ailleurs, il travaillait sur un capteur qui détectait l’orientation d’un objet dans l’espace. J’ai donc repris son programme de communication bluetooth pour l’adapter à mon robot. Ainsi je récupère l’angle de roulis et de tangage de l’objet ce qui me donnait une direction à prendre. Le robot, avec une ESP32 à la place de la carte Arduino Uno, était donc contrôlé à distance avec la rotation de l’objet comme un joystick. Bien que cela ne faisait partie d’aucun de nos deux sujets, il était intéressant et encouragé par nos encadrants, de voir les liens que nous pouvions créer entre les différents projets. Ainsi même si chacun travaille de son côté sur son projet, il peut apporter son travail pour former un projet nouveau, différent des deux premiers.

5.3 Scénarios

Dans l’objectif de pouvoir présenter mon prototype, on m’a demandé de créer plusieurs scénarios. Ainsi lorsque quelqu’un d’extérieur à la chaire vient, nous pouvons lui présenter ce type de scénarios et ainsi expliciter le rôle et l’intérêt final du robot.

5.3.1 Contrôle manuel

Un des premiers attendus était d'avoir la possibilité de contrôler le robot via le clavier. J'ai donc réalisé un programme qui permet de le diriger avec les touches Z,Q,S,D de manière itérative. Ainsi si l'on appuie une fois sur la touche Z, le robot va partir vers l'avant puis si l'on appuie une fois sur la touche D, le robot va continuer sa route vers le nord-ouest. En effet, le robot garde en mémoire sa vitesse actuelle et va ajouter les vitesses de la nouvelle consigne. On peut donc en théorie aller dans toutes les directions. De plus, les touches K et L permettent de faire pivoter le robot (K dans le sens horaire et L dans le sens trigonométrique), la touche espace quant à elle permet de couper les moteurs. Pour ce qui est du bras, on utilise la touche B pour le déployer ou pour le rétracter. De la même manière, on utilise la touche P pour ouvrir ou fermer la pince.

Ce contrôle fonctionne bien et plusieurs vidéos du robot se déplaçant ou saisissant un objet sont disponibles en annexe. On peut notamment y voir le robot se déplaçant dans toutes les directions ainsi que tournant sur lui-même. Par la suite, on peut voir le bras attraper puis reposer un verre d'eau plein. Pour finir une vidéo présente toutes les étapes à savoir, se rapprocher de l'objet, sortir le bras, placer l'objet dans la pince, saisir l'objet, rétracter le bras pour placer l'objet sur le plateau, déplacer l'objet vers une destination souhaitée et enfin reposer l'objet.

5.3.2 Prise d'objet autonome

Dans ce scénario, le robot doit, de manière pleinement autonome, attraper un objet (disposant d'un morceau de scotch bleu) posé sur la même table que le robot. La contrainte étant de ne pas avoir d'autres objets de la même couleur que le scotch ou d'une couleur très similaire dans le champ de vision du robot.

Dans un premier temps, le robot va pivoter sur lui-même jusqu'à détecter une forme de couleur bleue. Une fois celle-ci détectée, il va regarder deux paramètres renvoyés par le node de traitement d'image de la caméra : la position du rectangle par rapport au centre de l'image ainsi que sa longueur. Grâce à la position, il va pivoter plus lentement afin de bien se placer en face de l'objet à saisir. Ensuite, il va se rapprocher de l'objet, en réajustant sa position si besoin, jusqu'à se considérer, grâce à la largeur du rectangle vert, à la bonne distance de l'objet. Lorsqu'il est bien placé par rapport à l'objet, le robot va déployer le bras puis avancer encore un peu pour que l'objet soit bien dans la pince. Ce petit déplacement est nécessaire car si l'objet est trop proche lors du déploiement du bras, il peut y avoir des collisions entre la pince et l'objet ce qui peut mener au renversement de l'objet ou à la détérioration du robot. Enfin, le robot va fermer la pince sur l'objet puis rétracter le bras pour le déposer sur son plateau. Le programme en question n'est pas pleinement fonctionnel, en effet, le robot parvient approximativement à se placer en face de l'objet mais il n'arrive pas à estimer sa distance par rapport à l'objet et fini donc par le percuter.

5.3.3 Rebond

Dans ce scénario, le robot doit "rebondir" sur les rebords de la table. Ce scénario a pour but de montrer l'efficacité des capteurs de distance pour éviter de tomber ainsi que pour se positionner dans l'espace. De plus, cela permet de montrer l'efficacité du déplacement cartésien. Pour ce faire, le robot estime quel mur il vient de toucher en fonction du ou des capteurs qui détectent un bord de table ainsi que du bord précédemment touché. Ensuite, il en déduit dans quelle direction, il doit partir sachant que le robot ne rebondit qu'en angle droit. En effet, je n'ai pas réussi à faire une détection précise de l'angle d'arrivée du robot sur le bord de la table.

6 Travail restant

Dans mon stage, j'ai réalisé un premier prototype de la base holonome. J'ai créé les fonctions de base du robot, à savoir : se déplacer, sortir son bras, attraper un objet, détecter des objets grâce à la caméra ou encore repérer les bords de la table. J'ai pu commencer à écrire des programmes plus avancés comme ceux des scénarios présentés précédemment néanmoins par manque de temps, je n'ai pas eu le temps de les approfondir ou de les terminer. Il reste donc du travail à faire de ce côté.

Par ailleurs, bien que le montage soit théoriquement autonome au niveau de l'alimentation, il reste aussi quelques problèmes à ce propos notamment au niveau de la communication entre la carte Arduino, les moteurs et la carte Odroid. Une solution évoquée vers la fin de mon stage serait de supprimer la carte Arduino, ce qui simplifierait grandement la programmation des moteurs pour les déplacements du robot car une bibliothèque pratique et assez complète (pypot) existe déjà en python alors que les bibliothèques Arduino sont moins fournies et perdent souvent des informations comme les efforts des moteurs.

La batterie actuelle est aussi à revoir puisque nous utilisons, une batterie 12V 1 A/h ce qui n'est pas suffisant par rapport aux demandes des moteurs mais aussi de la carte Odroid ainsi que les autres composants électriques. La consommation des différents composants n'a pas été notée, il est donc difficile d'estimer la capacité nécessaire pour faire fonctionner le robot.

7 Conclusion

Pour conclure, ce stage m'a beaucoup apporté que ce soit en terme de connaissances techniques qu'en terme de travail en entreprise. En effet, j'ai pu apprendre à gagner en autonomie et en organisation pour avancer dans mon travail tout en m'adaptant aux nouvelles consignes. C'était également gratifiant de voir le prototype avancer en partant de rien bien qu'il ne soit pas complètement terminé.

Par ailleurs, bien que j'étais seul à travailler sur la base holonome, j'ai toujours été entouré notamment par d'autres stagiaires avec qui nous nous sommes beaucoup entraidés. Ainsi, même si chacun travaillait sur son projet, le travail d'équipe n'était pas rare lorsque l'un de nous bloquait sur un problème sans oublier mes maîtres de stage qui m'apportaient des solutions lorsque je faisais face à un problème important. Cela m'a montré que le travail d'équipe pousse tout le monde vers le haut. En effet, comme nous n'avions pas tous la même formation ou la même expérience, nous pouvions nous apporter les uns aux autres plutôt que de rester travailler dans notre coin.

J'ai aussi beaucoup appris en terme de conception mécanique. Notamment au niveau des jeux fonctionnels qui sont très importants lorsque l'on utilise des pièces imprimées en 3D. Je n'avais pas du tout pensé à en mettre ce qui m'a souvent obligé à limer certaines pièces afin de pouvoir les emboîter. Par ailleurs, j'ai appris à mes dépens l'importance du montage dans la conception. En effet, par soucis d'optimisation, il y a très peu d'espace non utilisés sur le robot. Le problème est que tout n'a pas été monté en même temps. Par exemple, j'ai d'abord monté le premier étage pour tester la direction, puis le deuxième et le troisième afin de pouvoir monter le bras et la pince afin de les tester. Ce n'est que par la suite que j'ai rajouté le shield et les capteurs. Or les capteurs sont reliés au shield par cinq fils chacun et l'espace entre le shield et le bas du troisième étage est très faible. J'ai donc dû démonter l'ensemble de l'étage pour pouvoir passer ces fils. De la même manière, j'ai été obligé de démonter des roues pour fixer certains supports de capteur. Il est souvent difficile de penser à ces étapes pourtant cruciales lorsque l'on conçoit des pièces.

8 Bibliographie

[1] Documentations robot Kaya : https://docs.nvidia.com/isaac/doc/tutorials/assemble_kaya.html

[2] Documentation Pypot (contrôle des moteurs Dynamixel) : <https://poppy-project.github.io/pypot/index.html>

[3] Documentation VL53l0x (capteurs de distance) : <https://github.com/pololu/vl53l0x-arduino>

9 Annexes

Quelques vidéos de fonctionnement du robot pour mieux comprendre son fonctionnement et son rôle :

- Vidéo de démonstration du robot KAYA : <https://www.youtube.com/watch?v=5c9hJHmMKAs>
- Vidéo de test de la pince : <https://www.youtube.com/shorts/Agfv4uBDegc>
- Vidéo de test du bras à vide : <https://www.youtube.com/watch?v=Z256nF6FsuI>
- Vidéo de test du bras avec un verre plein : <https://youtu.be/KYppQesrPeA>
- Vidéo de test des déplacements du robot : <https://youtu.be/U11xYNY1P7M>
- Vidéo de test d'une mission complète avec saisie, déplacement et dépôt d'un objet : <https://youtu.be/q7JHXGb1uOQ>

Merci de retourner ce rapport par courrier ou par voie électronique en fin du stage à :
At the end of the internship, please return this report via mail or email to:

ENSTA Bretagne – Bureau des stages - 2 rue François Verny - 29806 BREST cedex 9 – FRANCE
☎ 00.33 (0) 2.98.34.87.70 / stages@ensta-bretagne.fr

I - ORGANISME / HOST ORGANISATION

NOM / Name Fondation Université Bretagne-Sud, Chaire M@D

Adresse / Address 17 Bd Flandres Dunkerque 1940, 56100 Lorient

Tél / Phone (including country and area code) _____

Nom du superviseur / Name of internship supervisor
Abbas Ramadan

Fonction / Function Ingénieur de recherche en robotique

Adresse e-mail / E-mail address abbas.raladan@univ-ubs.fr

Nom du stagiaire accueilli / Name of intern

POTIN Laurent

II - EVALUATION / ASSESSMENT

Veuillez attribuer une note, en encerclant la lettre appropriée, pour chacune des caractéristiques suivantes. Cette note devra se situer entre **A (très bien)** et **F (très faible)**
Please attribute a mark from A (excellent) to F (very weak).

MISSION / TASK

❖ La mission de départ a-t-elle été remplie ? A B C D E F
Was the initial contract carried out to your satisfaction?

❖ Manquait-il au stagiaire des connaissances ? oui/yes non/no
Was the intern lacking skills?

Si oui, lesquelles ? / If so, which skills? _____

ESPRIT D'ÉQUIPE / TEAM SPIRIT

❖ Le stagiaire s'est-il bien intégré dans l'organisme d'accueil (disponible, sérieux, s'est adapté au travail en groupe) / Did the intern easily integrate the host organisation? (flexible, conscientious, adapted to team work)

A B C D E F

Souhaitez-vous nous faire part d'observations ou suggestions ? / If you wish to comment or make a suggestion, please do so here _____

COMPORTEMENT AU TRAVAIL / BEHAVIOUR TOWARDS WORK

Le comportement du stagiaire était-il conforme à vos attentes (Ponctuel, ordonné, respectueux, soucieux de participer et d'acquérir de nouvelles connaissances) ?

Did the intern live up to expectations? (Punctual, methodical, responsive to management instructions, attentive to quality, concerned with acquiring new skills)?

A B C D E F

Souhaitez-vous nous faire part d'observations ou suggestions ? / *If you wish to comment or make a suggestion, please do so here* _____

INITIATIVE – AUTONOMIE / INITIATIVE – AUTONOMY

Le stagiaire s'est-il rapidement adapté à de nouvelles situations ?

A B C D E F

(Proposition de solutions aux problèmes rencontrés, autonomie dans le travail, etc.)

Did the intern adapt well to new situations?

A B C D E F

(eg. suggested solutions to problems encountered, demonstrated autonomy in his/her job, etc.)

Souhaitez-vous nous faire part d'observations ou suggestions ? / *If you wish to comment or make a suggestion, please do so here* Laurent effectue les tâches très rapidement / Voire trop par moment.

Le fait de se poser un peu plus réfléchir lui permettrait d'éviter quelques erreurs.

CULTUREL – COMMUNICATION / CULTURAL – COMMUNICATION

Le stagiaire était-il ouvert, d'une manière générale, à la communication ?

A B C D E F

Was the intern open to listening and expressing himself/herself?

Souhaitez-vous nous faire part d'observations ou suggestions ? / *If you wish to comment or make a suggestion, please do so here* _____

OPINION GLOBALE / OVERALL ASSESSMENT

❖ La valeur technique du stagiaire était :

A B C D E F

Please evaluate the technical skills of the intern:

III - PARTENARIAT FUTUR / FUTURE PARTNERSHIP

❖ Etes-vous prêt à accueillir un autre stagiaire l'an prochain ?

Would you be willing to host another intern next year? oui/yes

non/no

Fait à Lorient, le 29/08/2022

In _____, on _____

Signature Entreprise _____ Signature stagiaire _____
Company stamp Abbas Ramadan Intern's signature

Merci pour votre coopération
We thank you very much for your cooperation