

Guidage kinesthésique pour l'assistance aux malvoyants Cybathlon VIS 2024

Rapport de test

Juin 2023

Projet Industriel d'année 4 Spécialité Robotique

NGUYEN Victoria

FU Daniel

SHLYKOVA Olga

MOREL Théo

Encadrant : Lilian CARILLET

Client : Fabien VERITE

Pilote : Sébastien HINDERER

Introduction	3
I- Tests sur les actionneurs et leur contrôle	4
Test février 2023	5
Test Mai 2023	6
II- Tests sur l'architecture mécanique	7
Partie avant	7
Test février 2023	8
Conclusions des tests et piste d'améliorations :	9
Test Mai 2023	11
III- Tests sur l'architecture informatique	13
Test 1 : algorithme de SLAM	13
Test 2 : qualité du nuage de point de la ZED 2 et de la cartographie 3D	14
Conditions des tests	14
Test 3 : qualité de la projection 2D et possibilité de trouver un chemin manuellement.	15
Test 4 : Algorithme de navigation + Architecture mécanique + Commande moteurs	15

Introduction

Ce document présente le rapport de tests unitaires et globaux sur nos 2 prototypes du pantographe, dans le cadre du projet industriel de rob 4- 2022/2023, à différents moments du projet.

Nous avons, lors de ce projet, travaillé en bloc :

- L'architecture de commande des actionneurs
- L'architecture mécanique
- L'architecture informatique

Chaque membre de l'équipe a pu travailler sur un ou plusieurs blocs. Afin de tester leur fonctionnement, des tests unitaires ont été fait sur chaque bloc, dans des conditions qui seront décrites. Le but final est, lors du prototype final, réunir chaque bloc afin de vérifier la conformité du prototype entier au cahier des charges et procéder aux tests et à leur validation.

Nous proposons de décrire dans un premier temps les tests unitaires effectués au long du projet sur chacun des 3 blocs. Puis, dans un second temps, nous décrirons les tests menés en situation de Cybathlon, sur le prototype final réunissant les 4 blocs.

I- Tests sur les actionneurs et leur contrôle



Pour contrôler nos 2 actionneurs et vérifier leur bon fonctionnement, nous avons opté pour des tests manuels avec un joystick (manette).

Pour rappel, nous devons être capable de communiquer des commandes aux moteurs via des topics ROS2. Pour être plus précis, nous nous sommes fixés l'objectif de pouvoir amener l'organe terminal du robot a un endroit précis avec le contrôle des actionneurs via un modèle géométrique indirect.

Objectif des tests :

1. Vérifier que le contrôle fonctionne comme on le souhaite
2. Vérifier que notre vocabulaire kinesthésique choisi soit compréhensible par le pilote
3. Vérifier que le retour kinesthésique soit adapté pour le pilote

Nous avons effectué 2 tests, l'un en février 2023, l'autre en mai 2023, en présence du pilote. Nous avons évalué ces trois critères, sur le barème ci-dessus :

Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	Satisfait(e)	Très satisfait(e)
------------------------	----------------	--------------	----------------------

Les moteurs peuvent marcher avec 2 modes :

1. un mode où il faut indiquer la position moteur à atteindre,
2. un mode où on indique la vitesse à incrémenter au position moteur

Test février 2023

Pour ce premier test, nous avons testé le 1er mode.

Quelques précisions :

Nous avons effectué une interpolation de points entre la position actuelle et la position finale.

Conditions des tests :

En présence du pilote officiel, avec le prototype V1 mécanique du pantographe (voir partie ci-dessous). Harnais comprenant le pantographe seulement.

Critère	Retour et évaluation
1	<p>La poignée se place bien à la position souhaitée. La précision n'est pas importante, ce qui importe, c'est l'amplitude par rapport à une position d'origine.</p> <p>Très satisfait</p>
2	<p>Le pilote arrivait à traduire nos consignes en direction horaire, nous permettant de vérifier la cohérence entre le message codée et le message effectivement compris</p> <p>Très satisfait</p>
3	<p>Asservissement en position, causant ainsi des sàlves de mouvements, rendant le mouvement non fluide, et perturbant le message : l'effecteur atteignait la position demandée avec un trajet brusque.</p> <p>Insatisfait</p>

Ainsi, les tests ont montré un code fonctionnel grâce à un joystick, et un retour kinesthésique sur la bonne voie. Cependant, il n'est pas encore totalement adapté pour le pilote, ce qui induit une fonction contrainte du cahier des charges qui n'est pas encore totalement remplie. (FC2)

Test Mai 2023

Pour ce premier test, nous avons testé le second mode.

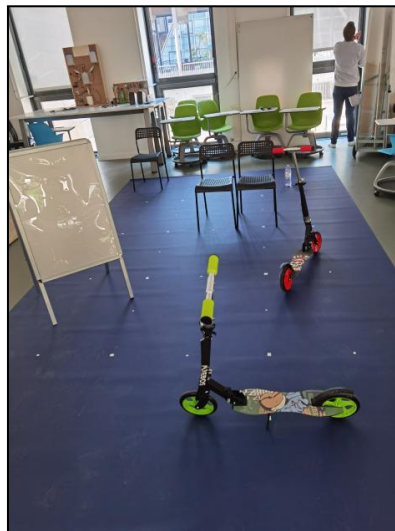
Quelques précisions :

Nous avons effectué un asservissement en récupérant la position actuelle que l'on a comparé avec la "goal" position. Nous avons donné une vitesse constante à incrémenter au position moteur

Conditions des tests :

En présence du pilote officiel, avec le prototype V2 mécanique du pantographe (voir partie ci-dessous). Harnais comprenant le pantographe seulement, ainsi que l'ordinateur sur le dos, et la caméra sur la tête.

Une piste recrée a été faite, afin de tester ce retour en situation réelle.



piste de l'épreuve SideWalk

Critère	Retour et évaluation
1	Très satisfait
2	Le pilote arrive se déplacer ou l'on souhaite, grâce au retour kinesthésique. Aucun obstacle n'a été touché. Très satisfait
3	Le retour est fluide, et un passage par zéro permet au pilote d'avoir un référentiel fixe par rapport a son buste. On ne perd ainsi pas l'information. Très satisfait

Au travers de ces deux tests, notre chemin de réflexion, en collaboration avec le pilote lui-même, a permis de voir le pilote en action sur une première piste. Le cahier des charges est satisfait.

II- Tests sur l'architecture mécanique

La conception mécanique se porte intégralement sur le pilote. Elle se divise en 2 sous blocs :

- La partie avant, qui constitue l'architecture mécanique motorisé situé à l'avant du harnais : le pantographe
- La partie arrière, capable de porter le pc portable

Partie avant

Il y a eu 2 prototypes du pantographe. En effet, nous avons fait une première salve de tests à mi semestre , du prototype mécanique. Selon les retours du pilote explicités ci-dessous, nous avons procédé à des améliorations. Les deux prototypes et leurs tests sont explicités ci-dessous.



Finalisation du 1er prototype

Test février 2023

Un premier test a été réalisé **en février 2023**, en présence de Sébastien Hinderer, le pilote. Nous avons pour but de tester plusieurs facteurs compris dans des fonctions du cahier des charges.

Objectif des tests :

1. vérifier la portabilité du prototype du pantographe sur le pilote
2. Vérifier son confort au niveau des bras pour le pilote, le temps de la course
3. Vérifier la rigidité mécanique du prototype en situation fictive
4. Confronter notre estimation de l'espace de travail avec celui réellement besoin

L'objectif était également d'avoir des retours et des remarques que seul Sébastien pouvait nous indiquer.

Conditions des tests :

Similaire à la partie précédente, celle du premier test de février : seul le pantographe était porté sur le harnais. Pas encore autonome : les moteurs restent branchés au secteur et au PC.

Critère	Retour et évaluation
1	<p>Le pilote a pu rester une trentaine de minutes avec le prototype. Celui-ci s'accroche bien au harnais, et est relativement facilement enfilaible grâce à une aide extérieure.</p> <p>Le prototype, relativement à d'autre prototype antérieur, est plus léger et moins encombrant</p> <p>Très satisfait</p>
2	<p>La poignée du prototype V1 était retournée vers le haut, obligeant le pilote à lever le coude. Après 20 minutes de tests, cela lui fatiguait les muscles.</p> <p>Le pilote avait à sa disposition une poignée ergonomique adapté à la prise, avec un pouce devant être placé sur le haut de la poignée. Le pilote préfère avoir une forme sans ergonomie et se placer où il le souhaite</p> <p>Insatisfait</p>
3	<p>On a pu constater que le robot manquait de rigidité au niveau des liaisons pivots, à cause d'appui plan trop faible. On perd ainsi de l'information kinesthésique.</p> <p>Insatisfait</p>
4	<p>L'espace de travail peut être réduit en avant du pilote. Cela n'est pas gênant, mais nous pouvons encore gagner en encombrement (notamment pour la caméra)</p> <p>satisfait</p>

Conclusions des tests et piste d'améliorations :

Le test consiste surtout à valider le retour kinesthésique, de la part du client et du pilote, en situation de cybathlon. Des points, relevés par le pilote et le client, ont été soulevés, et feront l'objet d'une amélioration d'ici la seconde salve de tests.

Ajouts suggérés par le pilote :

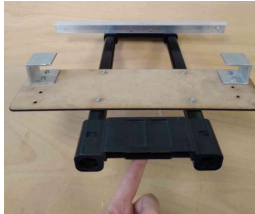
- Un retour sonore peut être envisagé, notamment sur le type de l'obstacle présent à proximité immédiate du pilote.



Le client et le pilote

Test Mai 2023

Un second test a été réalisé **en mai 2023**, en présence de Sébastien Hinderer, le pilote. Des améliorations et ajouts mécaniques sont à noter .



- Notamment, le porte PC décrit précédemment, allant à l'arrière du pilote.
- Le pantographe a été refait, changeant les appuis et les dimensions des bielles.

Conditions des tests :

Au fablab, avec le porte PC en plus, rajoutant ainsi 2,5 kg sur le harnais. Une piste factice.

Critère	Retour et évaluation
1	<p>Le pilote arrive à mettre le harnais. Ce dernier fait que les appuis sont faits au niveau de la taille, et non pas des épaules.</p> <p>Très satisfait</p>
2	<p>La poignée a été changée, la préhension est plus agréable pour le pilote. L'orientation vers le bas fatigue moins l'avant bras.</p> <p>Certains câbles gênent le mouvement.</p> <p>satisfait</p>
3	<p>Le pantographe est stable à tous les niveaux.</p> <p>Très satisfait</p>
4	<p>Très satisfait</p>



III- Tests sur l'architecture informatique

Cette partie présente les tests unitaires sur chaque fonctionnalité utilisée de la caméra. Les conditions des tests sont décrites, et leurs résultats.

Test 1 : algorithme de SLAM

Afin de choisir l'outil le plus approprié pour faire notre cartographie 3D puis 2D, nous avons fait des tests préliminaires

Nous avons comparé le résultat du SLAM obtenu via le SDK de la ZED2, avec [Stella VSLAM](#).

Résultat de la comparaison des deux algorithmes de SLAM :

SLAM de la ZED2	Stella VSLAM
<ul style="list-style-type: none">+ Rapidité d'exécution+ Déjà intégré dans la sdk , donc évite une surcharge de calcul non nécessaire pour l'ordinateur- L'algorithme de Stereolabs est statique : un obstacle amovible reste toujours visible sur ses positions précédentes.	<ul style="list-style-type: none">+ Construction d'un carte dynamique : un obstacle amovible est amovible sur la carte 3D aussi- Local a Pangolin Viewer : on ne peut pas l'observer sur un topic ROS.- Difficulté à extraire le nuage de points via ROS- Stella VSLAM n'est pas destiné à ROS

Ce test a surtout servi à comparer deux algorithmes de SLAM et observer les performances de chacun. Stella SLAM est par ailleurs arrivée comme première option pour le SLAM, et nous avons vu tard le SLAM venant de la ZED 2.

Le résultat de ce test, pour des raisons de performances évidentes pour l'ordinateur, et pour la compétition chronométrée, nous optons pour le SLAM déjà intégré dans le SDK de la ZED 2.

Test 2 : qualité du nuage de point de la ZED 2 et de la cartographie 3D

Le but du test est d'évaluer la qualité du nuage de points dans un environnement délimité, et d'observer et régler l'influence des différents paramètres possible dans le fichier de configuration de la ZED 2 :

```
zed-ros2-wrapper/zed_wrapper/config/common.yaml
```

Ces tests se sont fait dans plusieurs environnements.

Conditions des tests

Test des performances de la ZED 2 dans différents environnements et avec différentes luminosités.

- La caméra est attachée à une visière de travail, destinée à être posée sur la tête du pilote.
- une calibration au sol est préalablement effectuée
- Les tests sont majoritairement effectués dans une salle de classe standard, ainsi que dans un couloir vide. Éclairage naturel.

Les résultats des tests se sont traduits par un ajustement des paramètres de la ZED 2.

Numéro	Problème et Paramètres correspondant	Solution choisie
1	Les dimensions de la piste sont connues. Nous pouvons cropper le nuage de points de la ZED2, et limiter l'espace de vision au strict nécessaire (pas de plafond , ni de sol projeté)	z: [0.2 , 1.8] y : [-1.5,1.5] x : [0,5]
2	Pour avoir un nuage de points "fin", on agit sur la résolution	5cm pour une cellule
3	Un algorithme causant la création d'un nuage de points d'une taille très importante qui cause potentiellement l'arrêt de la mise à jour. Changer l'allocation de mémoire	Prendre une mémoire par défaut plus importante en multiple de 2

Ainsi, en changeant et en ajustant les paramètres direct de la ZED 2, on limite les opérations de traitements de filtrage, qui ralentit l'algorithme.

Test 3 : qualité de la projection 2D et possibilité de trouver un chemin manuellement.

Objectif :

Nous avons une caméra ZED 2, reliée à l'ordinateur situé dans le dos du pilote. Nous devons pouvoir donner les informations venant de la caméra en entrée d'un algorithme de navigation. Le but est d'avoir en sortie d'un nœud une projection 2D du point cloud qui soit exploitable pour de la navigation, parfois délicate car passages étroits possibles selon le nombre d'obstacles.

Input : Un environnement de taille connue, avec des obstacles.

Output : Une cartographie 2D de l'environnement, représentant la probabilités d'occupation de chaque unité. Type de message : nav_msgs/OccupancyGrid.

Il nous faut tester et ajuster :

- La qualité de l'occupancy grid : elle ne doit pas être clairsemée et ne pas avoir de bruit/parasites que ne correspondent pas des obstacles réels.
- Ajouter des délimitations avec une marge à définir

Conditions des tests

- FabLab de Sorbonne Université, Esclangon
- Présence du pilote officiel, des membres de l'ISIR et des encadrants Polytech
- Une piste recréée via un tapis aux dimensions, remplie d'obstacles
- Eclairage via lumière du jour (14h)

Résultats des tests :

Une carte occupancy grid qui représente bien la réalité. Attention au reflet, qui perturbe quelque fois la représentation.

Test 4 : Algorithme de navigation + Architecture mécanique + Commande moteurs

L'algorithme de navigation n'a pas fonctionné dans la situation réelle : problème hardware (batterie externe non adaptée) et software. L'algorithme n'est pas encore parfaitement fonctionnel.

Algorithme optimal dans la théorie mais un peu trop lent en pratique, il transmet l'information au pilote un peu tardivement.

Position de départ fixe, ce qui peut poser certains problèmes de précision du pilote que l'on initie au milieu de la piste alors qu'il sera sûrement un peu décalé dans la pratique.

Lorsque la position finale est située sur un obstacle, il ne trouve aucun moyen de l'atteindre ni de s'en approcher.

De même, le décalage dû à la position fixe peut poser problème sur la position initiale du pilote et peut le faire démarrer sur un obstacle, ce qui ne trouvera aucun trajet possible => Corrigé grâce à un offset

On ne peut pour l'instant pas identifier si l'objet est au sol ou s'il est en l'air, de plus nous n'avons aucune information sur la taille des objets.

Remarques :

- Pas de bouton d'arrêt d'urgence mis en place actuellement par manque de temps. Il sera nécessaire le jour de la compétition.

Le pilote souhaite néanmoins un bouton côté main gauche qui pourra être activé à tout moment. Le bouton serait préférablement un interrupteur bloquant plutôt qu'un bouton d'arrêt d'urgence classique.



Conclusion

Nos tests sont dans la majorité concluants : tout l'algorithme fonctionne via ROS2 comme voulu. Le pilote est quasi autonome dans son trajet : il manquera seulement une batterie pour les moteurs qui sera facilement obtenue par la suite.

Les fonctions du cahier des charges (voir section Documentation) sont remplies ou partiellement remplies, et toutes nos remarques et réflexions sont consignés dans la documentation.