**Travail de Bachelor**

Déplacement autonome du robot Agribot

Non confidentiel

**Image / photo**

**(Facultatif)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Étudiant :** | **Eloïse Martin** |
| **Travail proposé par :** | Etienne Messerli  REDS  Route de Cheseaux 1  1401 Yverdon-les-Bains |
| **Enseignant responsable :** | **Etienne Messerli** |
| **Année académique :** | 2020-2021 |

Yverdon-les-Bains, le 18 juillet 2021

Département TIC

Filière Informatique

Orientation Informatique embarquée

Étudiant Eloïse, Martin

Enseignant responsable Etienne, Messerli

Travail de Bachelor 2019-2020

Déplacement autonome du robot Agribot

REDS

**Résumé publiable**

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Étudiant :  Martin Eloïse | Date et lieu :  …………………………………… | Signature :  …………………………………… |
| Enseignant responsable :  Messerli Etienne | Date et lieu :  …………………………………… | Signature :  …………………………………… |
| Nom de l’entreprise/institution :  Nom prénom de la personne confiant l’étude | Date et lieu :  …………………………………… | Signature :  …………………………………… |

**Préambule**

Ce travail de Bachelor (ci-après TB) est réalisé en fin de cursus d’études, en vue de l’obtention du titre de Bachelor of Science HES-SO en Ingénierie / Economie d’entreprise.

En tant que travail académique, son contenu, sans préjuger de sa valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celles du jury du travail de Bachelor et de l'Ecole.

Toute utilisation, même partielle, de ce TB doit être faite dans le respect du droit d’auteur.

HEIG-VD

Le Chef du Département

Yverdon-les-Bains, le 17 juillet 2021

**Authentification**

La soussignée, Eloïse Martin, atteste par la présente avoir réalisé seule ce travail et n’avoir utilisé aucune autre source que celles expressément mentionnées.

Yverdon-les-Bains, le 17 juillet 2021

Eloïse Martin

Table des matières

# Introduction

## Contexte

La ferme BIO du Moulin à Bavois souhaite utiliser un robot d’aide à l’agriculture durable qui soit capable de se déplacer de manière autonome dans un champ et d’arroser des plantons. L’arrosage des plantons est une tâche importante pour la croissance, sachant que les plantons ont une faible capacité à se fournir en eau étant donné que leurs racines ne sont pas encore bien développées. Le stress d’un manque d’eau sur le planton peut produire de fort ralentissement de croissance et retarder la récolte. L’utilisation du robot permettra de limiter les besoins en eau et faciliter un arrosage responsable avec un arrosage ciblé.

Plusieurs travaux ont déjà été réalisé afin dans ce sens. Chacun de ces travaux a permis de se rapprocher d’un système capable de réaliser cette tâche. Il a fallu permettre la reconnaissance de planton par imagerie, la réalisation du bras d’arrosage, le déplacement autonome du robot, dans un premier temps en intérieur et maintenant le déplacement autonome du robot en extérieur avec la localisation GPS. Le but étant de pouvoir fournir des coordonnées GPS ou une carte de champ au robot et qu’il puisse de manière autonome, arroser les plantons avec, si possible, une précision au centimètre.

Les méthodes de localisation vont chacune apporter des avantages et des inconvénients, ceux-ci seront mis en avant dans les prochains chapitres.

## Objectifs

L’objectif de ce travail est d’ajouter la localisation à la navigation du robot. Il doit pouvoir se localiser dans un champ et lire une carte fournie. Il faudra également analyser les différentes manières d’obtenir une géolocalisation avec une précision proche du centimètre. Une analyse des différentes méthodes va être présentée avec un choix final pour l’implémentation. Une démonstration terminera cette réalisation.

## État initial du projet

Le projet initial ayant débuté en 2018, le robot actuel est capable de se déplacer de manière autonome en intérieur, de cartographier son environnement, d’éviter les obstacles qu’il rencontre grâce au lidar et de détecter des plantons avec l’aide de la caméra.

## Structure et contenu du rapport

Ce rapport est structuré en plusieurs chapitres, ils se composent comme suit :

**Chapitre 2 :** Analyse : Il s’agit ici d’étudier les différentes problématiques liées aux demandes de ce projet. Notamment proposer différentes méthodes de positionnement pour la navigation avec géolocalisation.

**Chapitre 3 :** ROS : Présentation du framework, de ses avantages, des paquets de disponibles et d’utilisation de coordonnées de géolocalisation.

**Chapitre 4 :** Navigation avec positionnement : Conception et implémentation des données de géolocalisation au système existant.

**Chapitre 5 :** Tests & Validation : Description des tests effectués et validation des résultats obtenus.

**Chapitre 6 :** Conclusion : Ce chapitre fera la synthèse du travail effectuer et des améliorations possibles.

# Analyse

Plusieurs problématiques se soulèvent afin de réaliser une géolocalisation au centimètre. Dans un premier temps, les cherches sont faite sans se limiter au matériel déjà présent sur le prototype actuel. Les sous sections suivantes mettent avant les points importants à prendre en comptes pour la réalisation de ce projet.

## Contraintes

La plus grande contrainte de ce projet est la précision de la géolocalisation du robot en mouvement. Le robot devra connaître en tout temps sa position et déterminer sa trajectoire afin de suivre la carte fournie. Le but étant de lancer le robot au début d’un banc, potentiellement en une position connue.

Ensuite nous avons les contraintes terrestres, les champs ne sont pas toujours plats, il y a potentiellement des petits dénivelés à prendre en compte.

Le système complet ne doit pas être trop cher, comparativement aux outils agricoles pouvant aller jusqu’à quelques dizaines voire centaines de milliers de francs.

## Méthodes de positionnement

Dans un premier temps, il faut considérer les moyens de positionnements existants, puis trouver comment améliorer la position reçue, si possible afin de se rapprocher au mieux d’une précision centimétrique pour le positionnement du robot.

### Photogrammétrie

La photogrammétrie permet de déterminer une position relative en utilisant un point de repère. Pour le champ, ceci peut être réalisé à l’aide de fils tendu au-dessus des champs.

* Méthode : Appareil photo
* Précision :
* Avantages : Méthode simple et pas cher
* Inconvénients : installation de matériel encombrant pour un champ, matériel non fiable suites aux intempéries (fils qui se détend avec la chaleur)

(image ou schéma + explications plus précise d’un fonctionnement)

### Lasergrammétrie

La lasergrammétrie peut être utiliser comme méthode de positionnement relative lorsqu’un objet de base ou une position de base est connue. Cette technologie utilise les faisceaux lumineux renvoyés par l’environnement, elle permet dans certain cas d’obtenir une visualisation 3D d’objets.

* Méthode : Lidar
* Précision : +/- 5cm, dépend fortement du matériel à disposition et de la distance de l’objet
* Avantages : déjà présent sur le robot
* Inconvénients : nécessite une installation matérielle encombrante

(image ou schéma + explications plus précise d’un fonctionnement)

### GPS

La localisation par satellite ou

* Méthode : Xsens, GPS
* MTI-7, xsens, a une précision inférieure au mètre
* Avantages :
* Inconvénients :

(image ou schéma + explication plus précise d’un fonctionnement)

### Solutions existantes

John Deere propose des solutions de géolocalisation toute prête à l’emploi : un système de cartographie et de guidage automatisé. Avec, par exemple, le récepteur Starfire 6000 qui permet d’obtenir une précision de +/- 3cm pour 56€ par mois sans correction RTK et une précision de +/- 2,5cm.

## Correction de positionnement

Avec le choix du GPS, il est possible d’améliorer la position reçue par les satellites. Ci-dessous, deux méthodes de corrections GPS :

### DGPS

La correction différentielle permet d’améliorer le positionnement en utilisant une station de base comme référence. Cette station de base peut être connue-publique ou privée-créée.

(image ou schéma + explication plus précise d’un fonctionnement)

### RTK

La correction RTK, Real Time Kinematic, est aussi une correction différentielle. Elle est basée sur le déphasage des ondes porteuses reçues par les systèmes de satellites. Une station de base fournit des corrections de positionnement en temps réel.

(image ou schéma + explication plus précise d’un fonctionnement)

Les validations de positionnement pourront être effectuées à l’aide d’un outil extrêmement précis à l’aide de l’équipe de Sébastien Guillaume, membre de l’INCIT, avec un théodolite. Un théodolite est un outil de mesure de distance qui utilise le laser pour mesurer la distance avec un objet, un prisme est utilisé sur l’objet ce qui permet d’obtenir une précision de l’ordre du millimètre. Cette précision permettra de valider les mesures GPS reçues du robot et la station de base.

## Méthodes de cartographie

Le prototype actuel permet de cartographier un espace en intérieur avec des murs. Afin de simplifier l’utilisation du GPS, il est important de considérer une méthode de cartographie en extérieur.

# ROS

ROS, Robot Operating System, est une plateforme de développement open source qui permet de faciliter la transmission de message. Ce système permet d’obtenir une abstraction matérielle, un contrôle des périphériques de bas niveaux, transmission de message entre processus et bien plus encore. Il a également l’avantage d’être supporté par plusieurs systèmes d’exploitation, Linux et Mac OS.

Deux langages sont principalement utilisés pour le développement : C++ (roscpp) et Python (rospy).

Gazebo est un outil de simulation mis à disposition par ROS.

Catkin

Fonctionnement :

(image ou schéma + explication plus précise d’un fonctionnement)

Les processus sont appelés node, un node peut être une fonctionnalité ou une représentation d’objet matériel.

Les topics sont utilisés pour la communication simple.

Services

Actions

## Navigation

ROS offre un package de navigation qui facilite les commandes de déplacement du robot comme *tf* qui permet de stocker le déplacement du robot.

## GPS

ROS offre de nombreux paquets permettant d’utiliser des coordonnées GPS pour naviguer ou se rendre à un endroit tel que *gps\_goal* ou *gps\_common*.

# Navigation avec positionnement

Navigation avec coordonnées GPS

Navigation avec coordonnées DGPS

Carte

# Tests

Tests GPS

Tests GPS + Correction de positionnement

Correctifs

Validation

# Conclusion

## Conclusion du projet

## Améliorations

## Conclusion personnelle

**Bibliographie**

Annexes