

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

MASTER 2 CALCUL SCIENTIFIQUE ET MODÉLISATION
RAPPORT DE PROJET DE PRÉSTAGE

Etude et développement d'outils mathématiques pour estimer, en temps réel, le tassage et le volume d'un silo de maïs à partir de capteurs embarqués

Auteur :
Sébastien HERVIEU

Tuteur de Stage :
Geoffroy ETAIX

Tuteur Universitaire :
Fabrice MAHÉ

31 juillet 2018



Todo list

■ COMPLETER remercier Goeffroy	3
■ REDIGER Remercier Fongecif	3
■ REDIGER Remercier Ingeus	3
■ REDIGER Remercier IDApps, Yann, Stéphane, et surtout Laila!	3
■ COMPLETER Céline et les filles	3
■ COMPLETER Completer les remerciements	3
■ MISE EN FORME : Aérer	3
■ AMELIORER : L'introduction doit-elle être un chapitre ou alors un Abstract ?	6
■ REDIGER Introduction du context projet : j'ai effectué le stage blabla au sein de l'entreprise bla etc	6
■ REDIGER Tellus création, mission, activité	6
■ AMELIORER : Ce § peut servir à l'intro sur Tellus.	6
Figure : Georadar	6
Figure : Magnetomètre	6
Figure : Radargramme	7
■ VERIFIER est-ce le bon terme ?	7
Figure : sonar	7
Figure : sonargramme	7
■ REDIGER Expertise Tellus Traitement des données	7
■ REDIGER Activité R&D	8
■ REDIGER Context Projet	8
■ REDIGER SymeterV1	8
■ REDIGER Symeter V2 : objectifs	8
■ AMELIORER : Trouver un meilleur titre	9
■ REDIGER Préciser le type exact du Lidar	9
■ REDIGER Décrire le fonctionnement et les fonctionnalités générales d'un lidar .	9
■ REDIGER Décrire les caractéristiques exactes	9
Figure : Photo du Hukyo	9
■ REDIGER principe de fonctionnement d'un IMU	9
■ REDIGER données générées par un IMU	9
Figure : graphes temporels des données générées par l'IMU	9
Figure : Photo de l'IMU xsense	10
■ REDIGER mode de fonctionnement GPS, précision	10
■ REDIGER précision centimetrique nécessaire pour SymeterV2	10
■ REDIGER GPS en mode RTK	10
■ TROUVER REF EXTERNE : GPS en mode RTK	10
Figure : GPS en mode RTK	10
Figure : Photo base + rover RTK	10
■ PEUT ETRE caméra video pour odométrie visuelle ?	10

■ COMPLETER modularité, packages, nodes	11
■ COMPLETER topics, services	11
■ COMPLETER transformations	11
■ REDIGER Coordonnées Homogènes	11
■ REDIGER transformations avec les coordonnées homogènes	11
■ REDIGER Rotations avec les Quaternions	11
■ COMPLETER Ros utilise intensivement les coordonnées homogènes et les quaternions dans les transformations -package transformation.py - et expose uniquement des quaternions pour décrire des rotations dans l'espace 3D	11
■ REDIGER Besoin impératif pour le système Symeter V2 de déterminer sa pose dans le chantier en temps réel, pour pouvoir reconstituer la scène à partir du nuage de points	11
■ REDIGER GPS RTK offre une précision de l'ordre du centimètre mais	11
■ Ecrire type de tracteur	14
Figure : Image du tracteur modélisé	14
■ Rédiger Actuateur et Contrôleurs	14
■ Description géométrique du problème de direction différentielle	14
■ Description de l'implémentation sous ROS	14
Figure : Schéma des flux topic qui permet de transformer une commande twist en 4 commandes de velocities.	14

Remerciements

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont permis de près ou de loin à accomplir ce stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à Messieurs **Fabrice Mahé et Eric Darigand** professeurs de l'Université de Rennes 1, qui m'ont permis de suivre cette formation et qui m'ont accompagné lors de la recherche de stage.

Je tiens à remercier Monsieur **Geoffroy ETAIX**, qui m'a accordé sa confiance pour le stage et pour etc

COMPLETER remercier Goeffroy

REDIGER Remercier Fongecif

REDIGER Remercier Ingeus

REDIGER Remercier IDApps, Yann, Stéphane, et surtout Laila!

Enfin, last but not least, je tiens à remercier mon épouse Céline et mes deux filles pour leur encouragements, leurs soutient et leur patience.

COMPLETER Céline et les filles

COMPLETER Completer les remerciements

MISE EN FORME : Aérer

Table des matières

Remerciements	3
1 Introduction	6
1.1 Tellus Environment - Missions Principales	6
1.1.1 Géophysique et cartographie haute-définition	6
1.1.2 Collecte des données géophysique	6
1.1.3 Traitement des données	7
1.2 Activité R&D	8
1.3 Projet Symeter V2	8
1.3.1 Symeter V1	8
1.3.2 Symeter V2 : Objectifs	8
2 Les outils à mettre en oeuvre	9
2.1 Capteurs	9
2.1.1 LIDAR Hyukyo Blabla	9
2.1.2 IMU	9
2.1.3 GPS en mode RTK	10
2.2 Environnement de programmation	11
2.3 Les outils mathématiques	11
2.3.1 Positionnement en Robotique : Poses	11
2.3.2 Localisation par fusion de données	11
2.3.3 Traitement des nuages de points	11
2.3.4 Environnement d'exploitation : ROS	11
3 Simulation robotique en utilisant ROS/Gazebo	13
3.1 Présentation de ROS	13
3.1.1 Architecture de ROS	13
3.1.2 Gestion des transformations	13
3.1.3 Gestions des Capteurs	13
3.2 Présentation de Gazebo	13
3.2.1 Construction d'un robot virtuel	13
3.2.2 Intégration des capteurs	13
3.3 Contraintes de mise en oeuvre	13
3.3.1 Quelques bugs gênants	13
3.3.2 Simulation mécanique, frottements, adhérence	13
3.3.3 Conclusions sur les contraintes	13
3.4 Mise en Oeuvre : simulation d'un environnement de tassage de silo	14
3.4.1 Montage d'un tracteur simulé	14

4	Mise en place du processus de localisation	15
5	Processus d'acquisition des relevés à base de LIDAR	16
A	Positionnement En Robotique	17
A.1	Géométrie projective, Coordonnées Homogènes	17
A.2	Une autre descriptions des rotations en 3D : Quaternions Unitaires . . .	17
A.3	Application : Simulation de couverture d'un faisceau LIDAR orienté vers le sol	17
B	Filtres de Kalman	18
C	ROS : Architecture et Concepts	19
D	Point Cloud Library	20
	Bibliographie	21

Chapitre 1

Introduction

REDIGER Introduction du context projet : j'ai effectué le stage blabla au sein de l'entreprise bla etc

AMELIOR. L'introduction doit-elle être un chapitre ou un Abstract

1.1 Tellus Environment - Missions Principales

REDIGER Tellus création, mission, activité

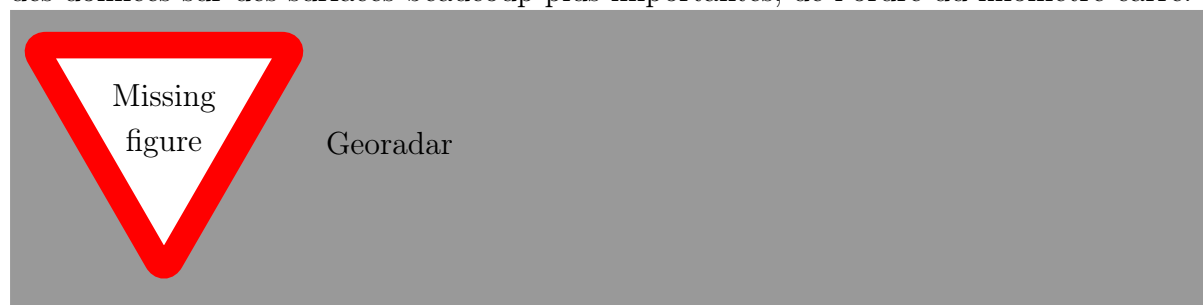
1.1.1 Géophysique et cartographie haute-définition

Tellus Environnement est une startup spécialisée dans la cartographie haute définition des sous-sols et des fond-marins. Elle propose à ses clients une offre bout en bout d'acquisition et de traitement des données pour permettre à ses clients d'agir en fonction de ces conclusions.

AMELIOR. Ce § peut s'introduire sur

1.1.2 Collecte des données géophysique

Tellus Environment met en oeuvre ses propres équipements géoradar et magnétomètre pour l'acquisition de données sur le sous-sol sur des surfaces de quelques mètres-carré à quelque hectares. Elle est aussi en mesure de planifier et coordonner la mise en oeuvre d'équipements plus lourds - LIDAR, géoradar, magnétomètres aéroporté - pour obtenir des données sur des surfaces beaucoup plus importantes, de l'ordre du kilomètre carré.





Tellus Environment peut aussi coordonner la mise en oeuvre d'équipements d'acquisition marins - sonar, multibeam, percuteur - pour permettre la cartographie des fonds marins et des sous-sols aquatiques, que ce soit en environnement eau douce - rivières, lacs étangs - ou marins.

VERIFIER
le bon term



Tellus Environment a accès à de nombreuses bases cartographiques pour compléter les données acquises sous sa supervision pour aider à la mise en oeuvre des équipements ainsi qu'à compléter les données acquises en vue de leur traitement.

1.1.3 Traitement des données

REDIGER Expertise Tellus Traitement des données

1.2 Activité R&D

REDIGER Activité R&D

Activité : R&D : développer des composants qui mettent en oeuvre les expertises de TellusEnvironment pour créer des produits innovants, dont les composants seraient de plus réutilisables pour améliorer la productivité des services Géophysique.

1.3 Projet Symeter V2

REDIGER Contexte Projet

1.3.1 Symeter V1

Symeter V1 : rapide rappel

REDIGER SymeterV1

1.3.2 Symeter V2 : Objectifs

REDIGER Symeter V2 : objectifs

Symeter V2 : Objectifs Symeter V2 : Présentation du plan de projet - test du simulateur Gazebo pour évaluer son utilité dans le projet Symeter2 - Simulation couverture lidar - Montage des outils nécessaires au développement simulé du projet symeter - Mise en place de la localisation : installation et tests - Mise en place de l'acquisition des relevés.

Chapitre 2

Les outils à mettre en oeuvre

Ce chapitre présente dans leur grandes lignes les entrants et les contraintes mis en jeu par le projet Symeter V2. On y énumère notamment les différents éléments à mettre en oeuvre pour monter le système Symeter V2 : les capteurs l'environnement d'exploitation logicielle, les outils mathématiques et procédés à coordonner pour monter le prototype de Symeter 2.

AMELIOR
Trouver un
meilleur tit

2.1 Capteurs

Les capteurs à mettre en oeuvre seront un ou plusieurs LIDAR, un ou plusieurs IMU et un ou plusieurs GPS.

2.1.1 LIDAR Hyukyo Blabla

REDIGER Préciser le type exact du Lidar

REDIGER Décrire le fonctionnement et les fonctionnalités générales d'un lidar

REDIGER Décrire les caractéristiques exactes



Photo du Hukyo

2.1.2 IMU

REDIGER principe de fonctionnement d'un IMU

REDIGER données générées par un IMU



graphes temporels des données générées par l'IMU



Photo de l'IMU xsense

2.1.3 GPS en mode RTK

REDIGER mode de fonctionnement GPS, précision

REDIGER précision centimétrique nécessaire pour SymeterV2

REDIGER GPS en mode RTK

TROUVER REF EXTERNE : GPS en mode RTK



GPS en mode RTK



Photo base + rover RTK

PEUT ETRE caméra video pour odométrie visuelle ?

2.2 Environnement de programmation

Du fait de son utilisation dans la première version de Symeter, et du fait de ses qualités en terme de modularité, de disponibilité des drivers pour les capteurs et actionneurs, l'environnement logiciel ROS a été choisi avant même le début du stage pour être la base de la partie logicielle de Symeter V2.

Il s'agit d'un environnement logiciel destiné à la mise en oeuvre de systèmes robotiques qui comporte toutes les briques de bases nécessaires au montage de tels systèmes.

COMPLETER modularité, packages, nodes

COMPLETER topics, services

COMPLETER transformations

2.3 Les outils mathématiques

2.3.1 Positionnement en Robotique : Poses

REDIGER Coordonnées Homogènes

REDIGER transformations avec les coordonnées homogènes

REDIGER Rotations avec les Quaternions

COMPLETER Ros utilise intensivement les coordonnées homogènes et les quaternions dans les transformations -package transformation.py - et expose uniquement des quaternions pour décrire des rotations dans l'espace 3D

. Positionnement en Robotique : Géométrie projective, Coordonnées Homogènes, Quaternions

2.3.2 Localisation par fusion de données

REDIGER Besoin impératif pour le système Symeter V2 de déterminer sa pose dans le chantier en temps réel, pour pouvoir reconstituer la scène à partir du nuage de points

REDIGER GPS RTK offre une précision de l'ordre du centimètre mais

Filtres de Kalmans

2.3.3 Traitement des nuages de points

2.3.4 Environnement d'exploitation : ROS

2.3.4.1 ROS

2.3.4.2 Contraintes de développement

Les équipements à mettre en oeuvre sont relativement couteux et leur mise en oeuvre requiert une certaine expertise.

De plus la mise en silo du maïs n'intervient qu'à de courtes périodes au cours de l'année. Il est donc nécessaire de pouvoir mettre en oeuvre le développement du système par le biais de mises en oeuvre alternatives, à savoir la simulation et la mise en oeuvre en grandeur des équipements pour effectuer des tests simples de reconstitution du terrain.

ROS est fourni avec un environnement de simulation robotique très intégré nommé "Gazebo", qui permet de simuler en temps réel le comportement mécanique de modèles de robots. Ce logiciel est donc utilisé pour simuler un environnement de Silo pour tester la localisation, l'acquisition du terrain, la mesure d'un modèle de Silo.

Pour la mise en oeuvre en grandeur, un prototype de l'équipement a été monté sur la camionnette de Tellus Environnement, la "Tellus Car".

Chapitre 3

Simulation robotique en utilisant ROS/Gazebo

3.1 Présentation de ROS

3.1.1 Architecture de ROS

Nodes, services, topics, etc, etc

3.1.2 Gestion des transformations

3.1.3 Gestions des Capteurs

3.2 Présentation de Gazebo

3.2.1 Construction d'un robot virtuel

3.2.2 Intégration des capteurs

3.3 Contraintes de mise en oeuvre

3.3.1 Quelques bugs gênants

3.3.2 Simulation mécanique, frottements, adhérence

3.3.3 Conclusions sur les contraintes

Eviter à tout prix que le véhicule entre en dérapage : il ne récupère généralement pas. Raisons pour lesquelles le véhicule peut entrer en dérapage : - mauvaise configuration des paramètres de frottement des éléments en contact avec le sol. - vitesses de rotation différentes des roues : - mauvaise consigne de vitesse sur les roues - différence de vitesse entre roue intérieure et roue extérieure lors d'un virage - en virage : rayons de virages différent entre roue intérieure et roue extérieure

Conduite en terrain accidenté : - Conserver la directivité - 4 roues motrices et/ou suspension

3.4 Mise en Oeuvre : simulation d'un environnement de tassage de silo

3.4.1 Montage d'un tracteur simulé

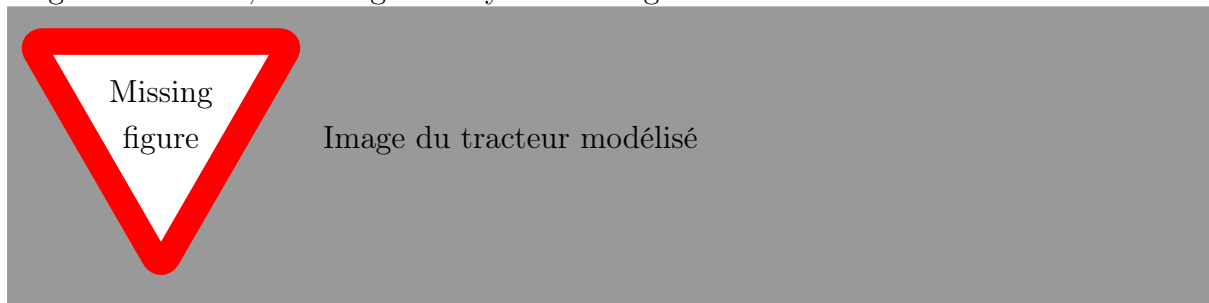
Intérêt : simuler l'implantation physique des capteurs avec des dimensions du même ordre de grandeur que les plateformes cibles.

3.4.1.1 Description Physique

3.4.1.1.1 Chassis Le chassis du tracteur à été monté en se basant sur les dimensions générales d'un tracteur de type **TODO : ICI TYPE DE TRACTEUR** , en utilisant cependant des formes géométriques simplifiées.

Ecrire type tracteur

Le tracteur est donc composé d'un pavé en guise de chassis, de 4 cylindres allongés en guise d'essieux, et de 4 grands cylindres en guise de roues.



3.4.1.1.2 Actuateurs et Contrôleurs

Rédiger Act et Contrôle

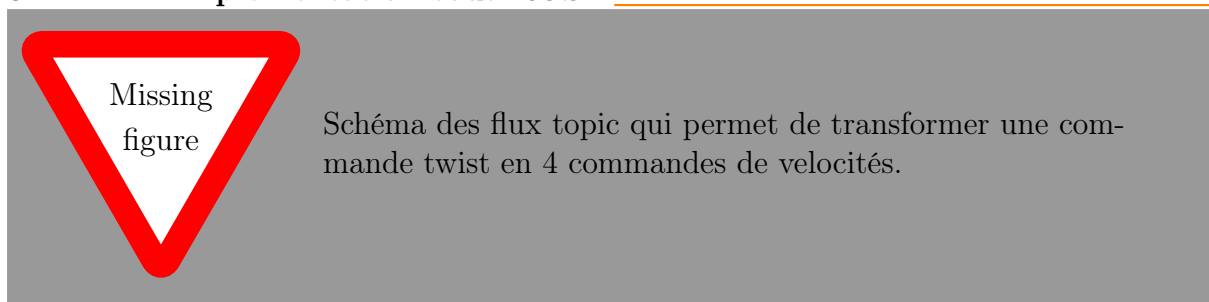
3.4.1.2 Propulsion et Guidage

3.4.1.2.1 Algorithme

Description géométrique du problème de direction différentielle

3.4.1.2.2 Implémentation sous ROS

Description l'implément sous ROS



Chapitre 4

Mise en place du processus de localisation

Chapitre 5

Processus d'acquisition des relevés à base de LIDAR

Annexe A

Positionnement En Robotique

- A.1 Géométrie projective, Coordonnées Homogènes
- A.2 Une autre descriptions des rotations en 3D : Quaternions Unitaires
- A.3 Application : Simulation de couverture d'un faisceau LIDAR orienté vers le sol

Annexe B

Filtres de Kalman

Annexe C

ROS : Architecture et Concepts

Annexe D

Point Cloud Library

Bibliographie