

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

Professeur :
Fabrice MAHÉ

19 mars 2018



Table des matières

I	Introduction, Contexte, Objectifs	4
1	Introduction	5
1.1	Présentation de Tellus Environment	5
1.1.1	Création et Services	5
1.1.2	Expertises	5
1.1.3	Activité Recherche et Développement	6
1.2	Présentation du Stage	6
1.3	Objectifs du projet de pré-stage	8
2	Notions d'Agriculture	9
2.1	Les fourrages : importance économique	9
2.2	Principes de l'ensilage	9
2.2.1	Fermentation Lactique Anaérobie	9
2.2.2	Les différentes méthodes de conservation des fourrages	10
2.3	Ensilage par tassement : mise en oeuvre	10
2.3.1	Le chantier d'ensilage	10
2.3.2	Méthodologie du tassage	10
2.3.3	risques d'un tassage mal effectués	11
2.4	Préparation et la conduite du chantier	11
2.4.1	Les différents types d'intervenant	11
2.4.2	Gestion de production	11
2.5	Conclusion	11
3	Notions de Détection, Détecteurs	12
3.1	Notions sur les capteurs	12
3.1.1	Informations fournies par un capteur de présence . . .	12
3.2	Les capteurs de position	12
3.2.1	Odométrie	12
3.2.2	Centrales inertielles	13
3.2.3	GPS	13
3.3	Les détecteurs de type "Direction et Portée"	13

3.3.1	Principes	13
3.3.2	Les différents types de capteur "Direction et Portée" . .	13
3.4	Les capteurs de type "Direction"	13
3.4.1	Détecteur de présence	13
3.4.2	Vision par Ordinateur	13
3.5	Les détecteurs de type "Portée seulement"	13
4	Solution Actuelle à Améliorer	14
4.1	Objectifs initiaux de la version V1	14
4.2	Présentation de solution	14
4.2.1	Architecture de la solution	14
4.2.2	Les sous-systèmes	14
4.3	Points faibles et axes d'amélioration	14
4.3.1	Points faibles	14
4.3.2	Axes d'améliorations pour la V2	14
4.4	Conclusions	15
II	Outils Importants	16
5	Détecteurs en Robotique	17
6	Plateforme ROS	18
7	Localisation, Cartographie, SLAM	19
7.0.1	Positionnement du problème	19
7.0.2	Maintenir de le vecteur d'état	19
7.0.3	Reconstituer l'environnement	19
7.0.4	Mesurer le tassage	19
8	Prototypage	20
8.1	Prototypage Scientifique des Algorithmes	20
8.1.1	Matlab	20
8.1.2	Python	20
8.2	Prototype de mise en œuvre	20
8.2.1	Plateforme ROS	20
8.2.2	Mise en oeuvre en C et/ou C++	20
III	Application Numérique	21
9	Application Numérique	22

IV	Conclusions du Projet Préliminaire au Stage	23
10	Objectifs SMART du Stage	24
11	Conclusion	25
A	Sujet de stage	26

Première partie

Introduction, Contexte, Objectifs

Chapitre 1

Introduction

Le présent chapitre s'attache à présenter le contexte de ce projet de préstage, à savoir l'entreprise dans laquelle le stage se déroulera et le sujet du stage.

Les objectifs du projet de préstage seront enfin présentés.

1.1 Présentation de Tellus Environment

1.1.1 Création et Services

Tellus Environment a été créée en 2012 par Geoffroy ETAIX et Bruno WIRTZ en Juin 2012.

C'est une startup spécialisée dans la cartographie haute définition des sous-sols et des fonds marins, qui propose des services de relevés et mesures nécessaires ainsi que d'analyse de ces données afin d'en permettre l'exploitation par ses clients.

Tellus Environment permet à ses clients de "Cartographier l'invisible pour agir". Elle propose donc des services d'aide à la décision essentiellement à des clients qui interviennent sur le sous-sol et les milieux marins : BTP, aménageurs fonciers, archéologie préventive, agriculture, levée de doute pour la détection précise de réseaux enfouis (eau, gaz, assainissement, télécom) ou de tout autre objet ferreux (épave, vestige de guerre, terre cuite, etc), évaluation avant dépollution de site.

1.1.2 Expertises

La capacité de Tellus Environment à produire des cartographies du sous-sol repose sur une expertise unique pour le traitement des relevés des sites. Elle a breveté et met en oeuvre le procédé MagSalia, procédé initialement

développé par le laboratoire de Mathématiques de L'Université de Bretagne Occidentale.

Ce procédé appliqué à des relevés magnétiques ...

Dans sa version sonar multifaisceaux ou lidar, ...

1.1.3 Activité Recherche et Développement

En parallèle de sont activité principalement service, Tellus Environnement conduit en parallèle une activité Recherche et Développement.

Cette seconde activité peut intervenir soit pour développer de nouvelles techniques de mesure 3D pour améliorer ou étendre sa gamme de service (lidar embarqué sur drone, ...), soit pour apporter son expertise en matière de mise en oeuvre d'acquisition des données et de leur traitement dans la conception d'un produit.

Parmi les projets en cours de cette activité R&D nous pouvons mentionner les suivants :

Mesure temps réel de tassage de Silo Il s'agit d'un équipement mettant en oeuvre un Lidar pour mesurer en temps réel le volume d'un silo de maïs afin d'en faire une évaluation fiable du tassage.

Détection en milieu marin zone à risque Mise en oeuvre de différents capteurs (Lidar, Sonar, Video IR) pour l'aide à l'accostage de navire en milieux marins risqués.

Détection Automatique GeoRadar Automatiser l'analyse de signaux radars, en vue d'optimiser le processus de cartographie du sous-sol et l'exploitation des résultats par les différents acteurs.

1.2 Présentation du Stage

Le sujet du stage, présenté en annexe, interviendra dans le cadre de l'activité R&D de Tellus Environment, pour améliorer le dispositif existant de mesure en temps réel de mesure de tassage de silo de maïs.

Le tassage de silo de maïs est une activité agricole qui consiste à tasser de grandes quantités de maïs, généralement dans un silo couloir, en vue d'en permettre la fermentation anaérobie et donc la conservation. Le tassage est une étape primordiale, effectuée à l'aide de tracteurs qui passent de nombreuses fois sur le maïs afin de le compacter. La mesure du tassage est généralement faite au jugé, et est donc relativement imprécise.

Tellus Environnement apporte une solution qui permet de mesure avec bonne précision, et en temps réel la surface du tas de maïs tassé et d'en déduire le volume. En combinant cette information avec le tonnage de maïs effectivement ensilée, le tassage - c'est dire la densité du maïs tassé - est donc déterminé avec une bien meilleur précision.

Le dispositif existant est basé sur un capteur laser, le Lidar, qui permet la mesure précise de la surface du tas de maïs. Ce capteur est placé à l'un des angles du silo, et communique ses mesures à un terminal monté dans le cockpit du tracteur.

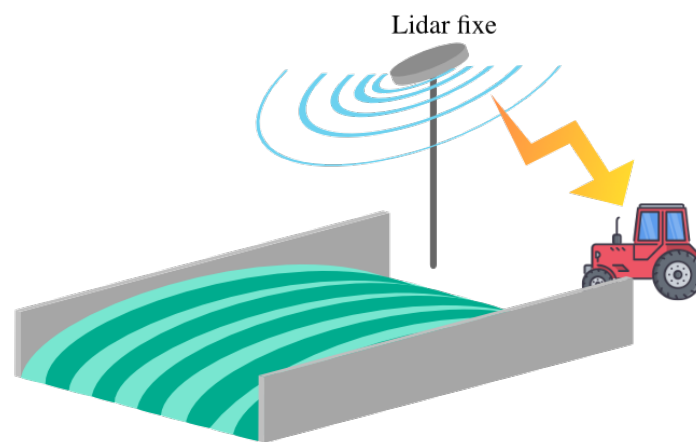


FIGURE 1.1 – Configuration avec Lidar fixe

Le terminal peut donc non seulement indiquer le volume du tas de maïs, mais aussi sa forme et donc indiquer les parties du tas qui auraient besoin d'être tassées en priorité.

Ce système est déjà en exploitation par les clients de Tellus Environnement et un retour d'expérience a été effectué auprès des opérateurs. Le principal

défaul remonté de l'équipement lors son exploitation est le temps d'installation du Lidar dans une des coins du silos qui prend en temps certain. Les contraintes en temps des intervenants autour d'un tassage de silo ne sont pas compatibles avec le déploiement d'un instrument sensible comme un Lidar.

La solution à ce problème envisagée par Tellus Environment est donc de purement et simplement supprimer cette étape d'installation en montant le Lidar directement sur le tracteur de tassage.

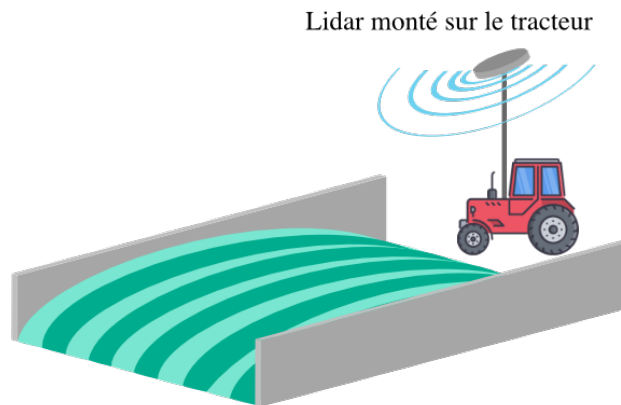


FIGURE 1.2 – Configuration avec Lidar monté sur le tracteur

1.3 Objectifs du projet de pré-stage

Le projet de pré-stage aura donc les objectifs suivants...

Chapitre 2

Notions d'Agriculture

L'objectif de ce chapitre est d'introduire l'environnement opérationnel dans lequel le produit final sera déployé, à savoir les chantiers d'ensilage de maïs sur les exploitations d'élevage agricole.

L'ensilage a pour but de stocker des fourrages de manière à en permettre la conservation à longue durée et en grande quantité.

2.1 Les fourrages : importance économique

La nourriture : poste financier le plus important pour une exploitation agricole

Les fourrages : un moyen bon marché pour nourrir les herbivores

Différents type de fourrages, selon les saisons Fourrages verts, ensilages, foin.

2.2 Principes de l'ensilage

2.2.1 Fermentation Lactique Anaérobie

Réaction chimique

Vertues stérilisatrices, de conservation et nutritionnelles

2.2.2 Les différentes méthodes de conservation des fourrages

Haylage Technique qui consiste en l'empilement vertical du fourrage dans des silos-tours verticaux. L'anaérobiose est assurée par l'épaisseur de l'ensemble. Technique qui requiert des investissements lourds (silo, soufflerie, mécanisme de désillage). Principalement utilisée au Etats-unis.

Enrubannage

Ensilage par tassement

2.3 Ensilage par tassement : mise en oeuvre

2.3.1 Le chantier d'ensilage

Vue d'ensemble

Les différents postes

Fourrageuse

Navette

Tracteur étaleur

Tracteur tasseur

2.3.2 Méthodologie du tassage

Etalement initial de 50cm par le tracteur étaleur et tassage à 20cm par le tasseur.

Ensuite couche de 20 cm qui est ensuite tassée à 10cm.

les paramètres cibles

2.3.3 risques d'un tassage mal effectués

2.4 Préparation et la conduite du chantier

2.4.1 Les différents types d'intervenant

Propriétaires, Groupement agricoles, prestataires de services

2.4.2 Gestion de production

cible de production prévision de consommation : x kg par jour et par bête → quantité d'ensilage à produire.

éviter la surproduction

permettre la mise en valeur du maïs sur pied restant

2.5 Conclusion

Nous avons vu que le tassage de silo est une activité stratégique pour une exploitation, qui requiert des moyens lourds, de la planification. C'est de plus une activité très technique, qui est effectuée en parallèle de la récolte, en flux tendu.

Chapitre 3

Notions de Détection, Détecteurs

Notre projet va s'attacher à mesurer un volume d'ensilage à partir d'une plateforme mobile. Cette plateforme doit donc être en mesure de déterminer sa propre position dans le théâtre d'opération, de mesurer le silo et de mesurer la surface d'ensilage qui y est tassée.

Ces informations sont recueillies à l'aide de capteurs dont la mise en oeuvre sera une partie majeure du projet.

3.1 Notions sur les capteurs

3.1.1 Informations fournies par un capteur de présence

Mesure de grandeur, fréquence, précision / marge d'erreur.

Portée

Ouverture Ouverture en largeur, ouverture en hauteur

Distance, gisement, azimuth

3.2 Les capteurs de position

3.2.1 Odométrie

L'objet de l'odométrie pour un système mobile est de détecter ses propres déplacements afin de déterminer sa nouvelle position sur la base de capteurs appropriés.

Par exemple, un système mobile à roue peut compter le nombre de tours de roue effectués pour calculer la distance parcourue.

3.2.2 Centrales inertielles

3.2.3 GPS

3.3 Les détecteurs de type "Direction et Portée"

3.3.1 Principes

Mesures

Modes d'exploitation modes de balayage

3.3.2 Les différents types de capteur "Direction et Portée"

3.4 Les capteurs de type "Direction"

Capteur qui ne sert en mesure de fournir une information que sur la direction de l'objet détecté, sans pouvoir fournir d'information intrinsèque quant à la distance de l'objet détecté.

3.4.1 Détecteur de présence

3.4.2 Vision par Ordinateur

, analyse d'image, etc

3.5 Les détecteurs de type "Portée seulement"

Détecteurs qui ne fournissent que la portée d'un objet détecté, sans pouvoir fournir d'information précise sur la direction de l'objet en question.

Chapitre 4

Solution Actuelle à Améliorer

4.1 Objectifs initiaux de la version V1

4.2 Présentation de solution

4.2.1 Architecture de la solution

4.2.2 Les sous-systèmes

4.3 Points faibles et axes d'amélioration

4.3.1 Points faibles

Complexité de mise en oeuvre

Installation du Lidar en début de chantier

Initialisation de la communication sans fil entre le Lidar et le terminal

Informations limitées

4.3.2 Axes d'améliorations pour la V2

Supprimer les facteurs limitants de mise en oeuvre

Obtenir des informations supplémentaires sur l'état de tassage

4.4 Conclusions

Deuxième partie

Outils Importants

Chapitre 5

Détecteurs en Robotique

Chapitre 6

Plateforme ROS

Chapitre 7

Localisation, Cartographie, SLAM

7.1 Positionnement du problème

Localisation requiert une carte

Cartographe requiert de connaître sa position

SLAM permet de résoudre cette problématique "Oeuf et poule" en mettant à disposition des outils permettant d'exploiter au mieux les informations issues des différents types de capteurs disponibles.

Localisation, vecteur d'état : système de coordonnées, vecteur d'état.

7.2 Maintenir de le vecteur d'état

Mise en place de la boucle de rafraichissement, filtres de Kalman

Sélectionner des points de repère, les maintenir

7.3 Reconstituer l'environnement

Chapitre 8

Mesurer le tassage

8.1 Modéliser une surface en 3D

8.2 Calculer le volume à partir d'une surface
3D mesurée

Chapitre 9

Prototypage

9.1 Prototypage Scientifique des Algorithmes

9.1.1 Matlab

9.1.2 Python

9.2 Prototype de mise en œuvre

9.2.1 Plateforme ROS

9.2.2 Mise en oeuvre en C et/ou C++

Troisième partie

Application Numérique

Chapitre 10

Application Numérique

L'objectif de cette partie est de concevoir et mettre en oeuvre un algorithme de détection de forme à partir d'un nuage de points, pouvant être issu d'un capteur de type "portée et direction".

1. Produire des données de référence à partir de modèle de structure 3D connus.
2. Introduire bruit gaussien sur les points, de manière à produire un nuage de points bruité
3. Développer un technique d'inversion permettant de détecter la forme et les dimensions des structures à partir des nuages de points bruités
4. Evaluer les marges d'erreur des modèles inversés
5. Dégager les axes de progression en terme de performance de calcul : l'objectif est d'obtenir des outils qui produisent des résultats en quelques secondes.

Quatrième partie

Conclusions du Projet Preliminaire au Stage

Chapitre 11

Objectifs SMART du Stage

Chapitre 12

Conclusion

Annexe A

Sujet de stage