



## Rapport Scientifique

Robot  
DRUMS

# ROBOT POUR LE DÉSHÉRBAGE ET LA RÉCOLTE DE CULTURES MARAÎCHÈRES

Rapport Scientifique

Rémy Guyonneau, Etienne Belin, Franck Mercier

29 novembre 2016

### Résumé

Ce rapport présente les résultats et les perspectives engendrés par le projet Robot DRUMS (Robot pour le Désherbage et la Récolte de cUltures MaraîchèreS).

# Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>2</b>
1.1 Context du projet . . . . .	2
1.2 Objectifs du projet . . . . .	2
<b>2 Résultats</b>	<b>2</b>
2.1 Développement d'un module pour le robot Oz . . . . .	3
2.2 Traitement des données . . . . .	5
2.3 Développement sur la plate-forme Oz . . . . .	7
<b>3 Perspectives</b>	<b>8</b>
3.1 Planification de trajectoires . . . . .	8
3.2 Utilisation de modalités d'imagerie complémentaires . . . . .	8
3.3 Expérimentations en champ . . . . .	8
3.4 Désherbage laser . . . . .	9
3.5 Développement de l'axe robotique agricole au LARIS . . . . .	9
3.6 Le ramassage de cultures maraîchères . . . . .	9
<b>4 Conclusion</b>	<b>9</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Context du projet

Le LARIS (Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes) a pour objectif d'orienter ses compétences robotiques vers les domaines du végétal. Le laboratoire souhaite en effet développer à long terme une plate-forme robotique pour le désherbage et la récolte de productions maraîchères. C'est dans ce contexte qu'a été monté le projet Robot DRUMS<sup>1</sup> en réponse à l'appel à projets de la Commission Recherche 2015.

Ce document, après un rappel des objectifs du projet, présente sous forme synthétique les principaux résultats et les perspectives de ces travaux.

## 1.2 Objectifs du projet

Avant d'en arriver à la réalisation d'une plate-forme complète, ce premier projet se concentre sur l'utilisation et l'adaptation d'un robot existant : le robot Oz de la société toulousaine Naïo Technologies. Oz est un robot agricole dont une des principales activités est le désherbage mécanique de l'inter-rang de cultures maraîchères. La Figure 1 présente le robot Oz en action.



FIGURE 1 – Le robot Oz en action.

## 2 Résultats

Nous présentons ici les résultats issus du projet Robot DRUMS. La figure 2 situe temporellement les différentes étapes du projet.

---

1. Désherbage et Récolte de cultures Maraîchères

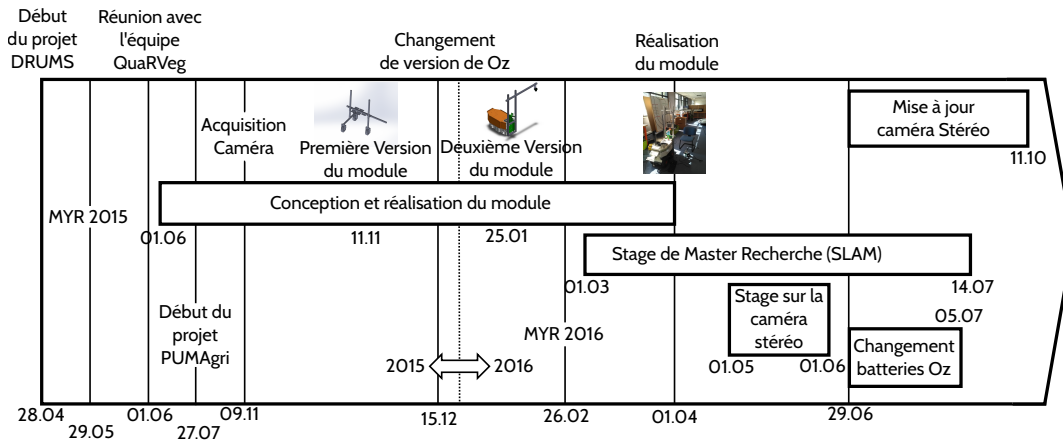


FIGURE 2 – Les grandes étapes du projet Robot DRUMS.

## 2.1 Développement d'un module pour le robot Oz

Dans le cadre du projet Robot DRUMS nous avons travaillé sur la mise en place d'un nouveau module pour le robot Oz. L'objectif était de permettre d'avoir une vue du dessus des cultures maraîchères afin de pouvoir identifier les mauvaises herbes ainsi que les éléments à récolter au sein du rang.

Un premier travail a consisté en l'établissement de contraintes pour la conception du nouveau module. Nous avons identifié les contraintes suivantes :

- Le mise en place du module ne devait pas endommager le robot Oz
- Le module ne devait pas gêner le robot lors de ses déplacements
- La structure et les outils de mesures associés doivent être alimentés par le robot

Après plusieurs tests nous avons convergé vers le module présenté Figure 3.

Il vient facilement se fixer sur le porte outil déjà présent sur le robot Oz. Au regard des tests que nous avons faits, le poids de la caméra ne gêne pas les déplacements du robot. De plus, nous avons ajouté un boîtier d'alimentation afin d'utiliser l'alimentation du robot pour alimenter la caméra. Nous sommes actuellement en train d'ajouter un plateau pour fixer l'ordinateur portable qui permet de récupérer les acquisitions de la caméra lors de nos expérimentations.

La figure 4 présente la réalisation du module.

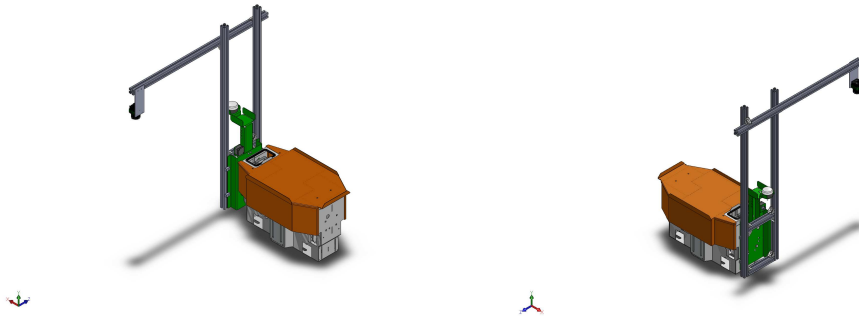


FIGURE 3 – Modèle 3D avant résultat de la phase de conception.



FIGURE 4 – Montage du module finale sur le robot Oz.

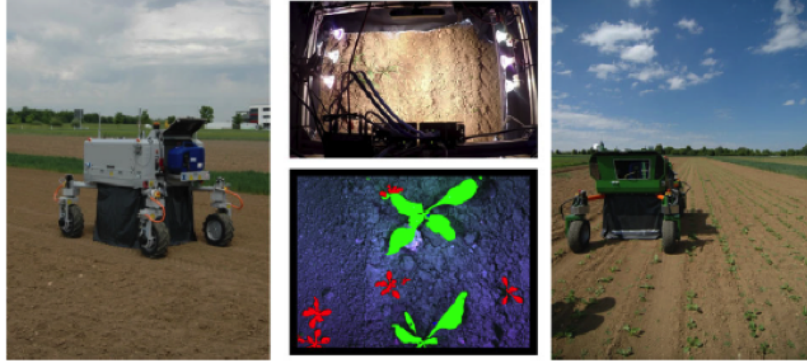


FIGURE 5 – Extrait de Lottes et al. pour illustrer l'utilisation de capteurs couleur pour la perception du végétal.

## 2.2 Traitement des données

La perception du végétal, et plus particulièrement la segmentation des végétaux d'intérêt, nous est apparue comme une étape fondamentale dans la conception d'un robot agricole, pour la mise en place de la loi de commande du robot. Les compétences et connaissances en imagerie et traitement d'images mises en oeuvre sur la plateforme d'instrumentation et d'imagerie PHENOTIC dédiée au phénotypage du végétal spécialisé à l'étude sur le pôle angevin ont été exploitées au travers de ce projet.

Comme le démontre la littérature, la plupart des capteurs actuellement utilisés sur les machines agricoles pour des tâches de perception du végétal repose des informations colorimétriques issues d'images couleurs [1, 2].

La figure 5 est extraite de la référence Lottes et al. et illustre l'utilisation de caméras couleur pour la perception du végétal d'intérêt.

Le travail s'est porté principalement sur le traitement d'images RGB acquises à l'aide d'une caméra haute résolution financé sur le projet DRUMS. La caméra est une caméra couleur matricielle modèle JAI SP-20000C reposant sur un capteur CMOS 35mm plein format avec Global Shutter et filtre Bayer. La résolution spatiale est très importante 5120 (H) x 3840 (V) pixel pour des pixels de taille de l'ordre de 6.4  $\mu$ m. La caméra fixée au Robot, les images acquises ont été faites en indoor (au format vidéo, en cours d'exploitation) et en extérieur (au format image) comme illustrées sur la figure 6.

Le travail de traitement d'images a consisté à détecter la présence des cultures d'intérêt (ici de la salade) quelsoit les conditions d'acquisitions



FIGURE 6 – A gauche : la caméra haute-résolution achetée sur le projet DRUMS. A droite : des images acquises en champ.

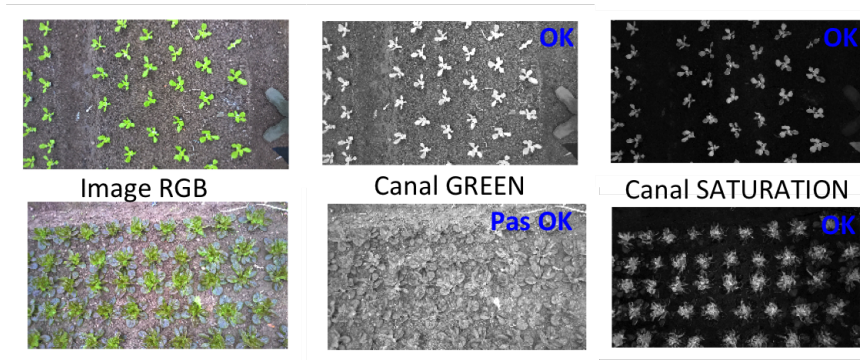


FIGURE 7 – Transformation des images dans l'espace colorimétrique HSV depuis l'espace RVB. On montre ici la robustesse du canal S de l'espace HSV aux différentes conditions d'acquisitions d'images.

des images. Des algorithmes ont été développés, en particulier pour exploiter des espaces colorimétriques différents du système classique Rouge, Vert, Bleu. En effet, on montre sur la figure 7 que l'utilisation du canal Vert des images couleur RVB ne permet pas de segmenter efficacement l'ensemble du jeu d'images acquises. Cela est lié d'une part à la teinte des objets végétaux que l'on souhaite détecter et d'autre part aux conditions d'éclairage au moment des prises de vue. Ce second point reste d'ailleurs un point crucial dont il faudra tenir compte dans la poursuite des travaux autour de la perception du végétal en extérieur sur robot.

Le canal utilisé est le canal Saturation de l'espace colorimétrique HSV (Hue, Saturation, Value) qui traduit mieux des différences de teintes et de brillances que l'espace RVB. L'algorithme proposé réalise ensuite des opérations de binarisation pour discriminer les pixels représentant les plants d'inté-

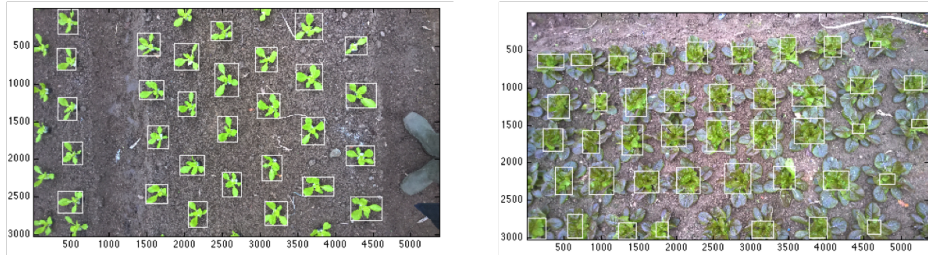


FIGURE 8 – Résultats de l’algorithme mis en place. Les plants d’intérêt sont correctement identifiés et délimités spatialement.

rêt du fond (la terre). Cette action est couplée à une filtrage pour éliminer le bruit résiduel lié à la binarisation. Enfin, une reconnaissance de forme est appliquée pour localiser spatialement dans l’image les plants, comme l’illustre la figure 8. On voit sur ces exemples que l’algorithme offre des résultats qui semblent robustes quelquesoit les cultures, leurs teintes et leurs densités. On pourrait alors envisager un désherbage autour des rectangles englobants les plants, sans les endommager.

### 2.3 Développement sur la plate-forme Oz

Tout au long du projet DRUMS, la plate-forme a été utilisée par des étudiants à travers différents stages et projets.

Les étudiants de l’ISTIA ont participé deux années de suite au concours "Move Your Robot" organisé par la société Naïo Technologies (à l’origine du robot Oz). L’objectif du concours est de développer des algorithmes de navigation afin que le robot soit capable de se déplacer entre les rangs de cultures.

Une stagiaire s’est intéressée à la caméra stéréo-vision qui est située à l’avant du robot. Pendant son stage, elle a effectué un premier travail préliminaire sur la récupération des données, travail qui sera exploité cette année (universitaire) par un stagiaire en Master Recherche.

Un stage de Master Recherche a aussi été effectué concernant la partie cartographie du champ. En effet, afin de pouvoir se déplacer efficacement et de façon robuste entre les rangs, il nous a semblé important de posséder une représentation du champ, dans un premier temps en 2D pour finalement passer en 3D. Ce travail sera poursuivi cette année (universitaire) au travers d’un nouvel étudiant en Master Recherche.

Dans un autre registre, le projet a aussi permis de faire des mises à jour



du robot (logicielles et matérielles).

### 3 Perspectives

Nous détaillons ici les perspectives des travaux initiés par le projet Robot DRUMS.

#### 3.1 Planification de trajectoires

Les problématiques soulevées lors de nos expérimentations ainsi que lors des participations au concours "Move Your Robot" semblent intéressantes d'un point de vue académique. En effet, à priori, les travaux effectués sur la planification de trajectoire d'un robot agricole semblent majoritairement traiter la couverture optimale du champ, sans s'intéresser à la détection des rangs par le robot [6, 5].

Afin de se pencher sur la problématique, un Master Recherche est actuellement en projet/stage au LARIS sur le thème de la planification de trajectoire d'un robot équipé d'un LiDAR<sup>2</sup> dans des cultures maraîchères.

Les travaux effectués par l'étudiant pourront être éprouvés lors de la troisième édition du concours Move Your Robot.

#### 3.2 Utilisation de modalités d'imagerie complémentaires

Pour des tâches de distinction entre végétal d'intérêt et mauvaises herbes (en vue d'actions de désherbage), nous envisageons (notamment à travers la poursuite du projet FUI PUMAgri) de tester d'autres modalités d'imagerie, en particulier l'imagerie hyperspectrale pour identifier de potentielles signatures spectrales distinctes entre plantes d'intérêt et mauvaise herbes, ainsi que l'imagerie "nuage de points" type LIDAR pour renseigner sur la forme des objets végétaux étudiés

#### 3.3 Expérimentations en champ

Une fois la planification de trajectoire opérationnelle dans des cas simples, nous souhaitons continuer le travail amorcé avec l'équipe QuaRVeg concernant le déplacement du robot dans des environnements contraints. En effet, cet objectif annoncé pour le projet DRUMS s'est avéré trop ambitieux pour une première étape.

---

2. Light Detection And Ranging : un télémètre laser

### 3.4 Désherbage laser

L'étude des systèmes de désherbage dans le cadre du projet Robot DRUMS nous a conduit à envisager la possibilité de faire du désherbage laser [3, 4]. Nous sommes actuellement dans une phase d'état de l'art à ce sujet, afin d'identifier les verrous scientifiques. En parallèle, deux étudiants de l'ISTIA travaillent sur la mise en place d'un prototype de suivi de marqueurs à l'aide d'un laser.

### 3.5 Développement de l'axe robotique agricole au LARIS

Le projet Robot DRUMS a incontestablement rapproché deux équipes du LARIS (l'équipe ISISV et l'équipe SDO) sur la thématique de la robotique agricole. Fort de cette collaboration, elles sont impliquées dans le projet FUI PUMAgri, projet dédié à la robotique agricole, labellisé par VEGEPOLYS et co-labellisé par le pôle VIA MECA. L'intervention du LARIS dans ce projet s'inscrit parfaitement dans le travail initié au sein le projet DRUMS, en se concentrant plus particulièrement sur la détection des adventices dans les cultures maraîchères.

### 3.6 Le ramassage de cultures maraîchères

Il s'est avéré qu'attaquer les deux problèmes de front (désherbage et ramassage) n'était pas envisageable au vue des ressources disponibles. La partie ramassage de culture sera donc développée dans un deuxième temps, en s'appuyant sur les développements effectués pour l'activité de désherbage (la planification de trajectoire par exemple).

## 4 Conclusion

La réussite de ce projet peut être définie sur plusieurs plans :

- D'un point de vue technique : la maîtrise du robot Oz. En effet, tous les travaux menés sur et avec le robot nous ont permis d'acquérir une certaine maîtrise de la plate-forme, maîtrise sur laquelle nous allons capitaliser avec les travaux à venir,
- D'un point de vue technique : le développement d'algorithmes pour le traitement d'images RVB dédiées à la perception du végétal d'intérêt,
- D'un point de vue scientifique : avec d'un côté la mise en évidence de problèmes académiques intéressants, et d'un autre côté le rapprochement de deux équipes du LARIS dans son objectif de développer l'axe robotique agricole.

## Table des figures

1	Le robot Oz en action. . . . .	2
2	Les grandes étapes du projet Robot DRUMS. . . . .	3
3	Modèle 3D avant résultat de la phase de conception. . . . .	4
4	Montage du module finale sur le robot Oz. . . . .	4
5	Extrait de Lottes et al. pour illustrer l'utilisation de capteurs couleur pour la perception du végétal. . . . .	5
6	A gauche : la caméra haute-résolution achetée sur le projet DRUMS. A droite : des images acquises en champ. . . . .	6
7	Transformation des images dans l'espace colorimétrique HSV depuis l'espace RVB. On montre ici la robustesse du canal S de l'espace HSV aux différentes conditions d'acquisitions d'images. . . . .	6
8	Résultats de l'algorithme mis en place. Les plants d'intérêt sont correctement identifiés et délimités spatialement. . . . .	7

## Références

- [1] Yud-Ren Chen, Kuanglin Chao, and Moon S Kim. Machine vision technology for agricultural applications. *Computers and electronics in Agriculture*, 36(2) :173–191, 2002.
- [2] Philipp Lottes, Markus Hörferlin, Slawomir Sander, and Cyrill Stachniss. Effective vision-based classification for separating sugar beets and weeds for precision farming. *Journal of Field Robotics*, 2016.
- [3] Solvejg K Mathiassen, Thomas Bak, Svend Christensen, and Per Kudsk. The effect of laser treatment as a weed control method. *Biosystems engineering*, 95(4) :497–505, 2006.
- [4] Esmaeil S Nadimi, Kim Johan Andersson, Rasmus N Jørgensen, Jørgen Maagaard, Solvejg Mathiassen, and Svend Christensen. Designing, modeling and controlling a novel autonomous laser weeding system. In *7th World Congress on Computers in Agriculture Conference Proceedings, 22-24 June 2009, Reno, Nevada*, page 1. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- [5] T Oksanen and A Visala. Path planning algorithms for agricultural machines. 2007.

- [6] Michel Taïx, Philippe Souères, Helene Frayssinet, and Lionel Cordesses. Path planning for complete coverage with agricultural machines. In *Field and service robotics*, pages 549–558. Springer, 2003.