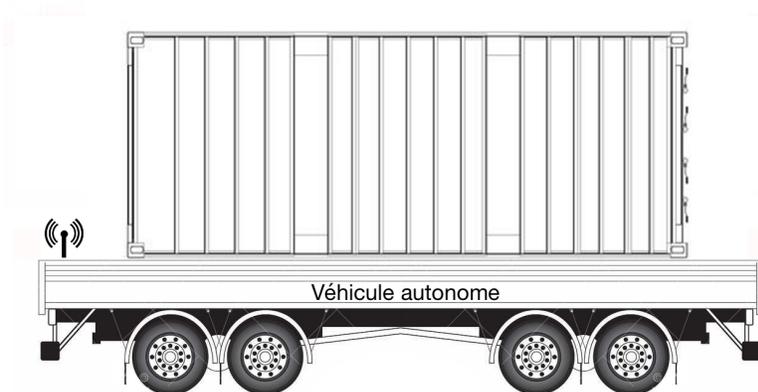


# Aide à la navigation d'un véhicule autonome



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Projet de fin d'études</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Contexte</b>	<b>2</b>
2.1	Description du projet . . . . .	2
2.2	RobuTAINeR . . . . .	3
2.2.1	Présentation / Mission . . . . .	3
2.2.2	Problème . . . . .	4
2.3	Drone . . . . .	4
2.3.1	Mission . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Cahier des charges</b>	<b>5</b>
3.1	Conditions d'utilisation . . . . .	5
3.2	Définition des besoins . . . . .	5
3.3	Spécifications techniques . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Schéma global de la solution retenue</b>	<b>6</b>
4.1	Pour le RobuTAINeR . . . . .	6
4.2	Pour le drone . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Réalisation</b>	<b>7</b>
5.1	La Raspberry Pi . . . . .	7
5.2	La caméra de la Raspberry . . . . .	7
5.3	Programme de prise d'images . . . . .	7
5.4	L'altimètre . . . . .	8
5.5	La télécommande du drone . . . . .	8
5.6	Le module GPS . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Planning</b>	<b>9</b>
6.1	Semaines 2, 3 et 4 de 2015 . . . . .	9
6.2	Semaine 5 . . . . .	9
6.3	Semaine 6 . . . . .	9
6.4	Semaine 7 . . . . .	9
6.5	Semaine 8 . . . . .	9
6.6	Semaine 9 . . . . .	9
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>10</b>
7.1	Problèmes rencontrés . . . . .	10
7.2	Avis personnel . . . . .	10
7.3	Vision du projet pour janvier et février . . . . .	10
	<b>Annexes</b>	<b>11</b>
<b>A</b>	<b>Drone retenu pour ce projet</b>	<b>11</b>
<b>B</b>	<b>Schéma de câblage de la Raspberry et des composants</b>	<b>12</b>

# 1 Projet de fin d'études

Le projet de fin d'études (PFE) est un projet de 5ème année d'école d'ingénieurs qui s'étale sur la période septembre-février. Il a pour objectif principal la transposition des connaissances acquises dans le milieu scolaire en compétences dans un environnement plus professionnel.

L'élève doit faire preuve d'autonomie et de responsabilité. Ce projet lui permettra d'exprimer son savoir-faire, mais il aura aussi pour but de l'encourager à être autodidacte, que ce soit pour des nouveaux composants ou des langages techniques.

Ce PFE concernera l'aide à la navigation d'un véhicule autonome le RobuTAINeR par un drone.

## 2 Contexte

### 2.1 Description du projet

Le RobuTAINeR est un véhicule poids lourd, omnidirectionnel, sur-actionné et électrique qui a été développé dans le cadre du projet InTraDE<sup>1</sup> pour le transport du fret à l'intérieur d'espaces confinés portuaires. Il est autonome et s'adapte à l'environnement d'exploitation. Pour assurer une autonomie de navigation précise, le véhicule dispose d'un système GPS pour son positionnement. Malheureusement, dans un environnement portuaire, le signal GPS<sup>2</sup> est souvent perturbé par la présence de conteneurs, de bâtiments, d'arbres,..etc. Dans le cadre de ce projet, on se propose de tester la faisabilité de corriger la navigation du véhicule autonome par un drone volant à proximité. Le drone va échanger avec le véhicule à chaque fois que ce dernier diverge de sa trajectoire, soit après une perte de l'information GPS, soit pour une autre cause.

---

1. Intelligent Transportation for Dynamic Environment

2. Global Positioning System

## 2.2 RobuTAINeR

### 2.2.1 Présentation / Mission

Il s'agit du premier véhicule robotisé capable de naviguer de manière autonome et sûre en se rendant d'un point à un autre grâce à un itinéraire préétabli. En programmant ses déplacements, le robot va augmenter les cadences et aider les acteurs portuaires à gagner en productivité. Le RobuTainer s'adapte à l'environnement existant, tout en limitant les risques de dysfonctionnement grâce à ses 8 roues motorisées (soit 4 pour la traction et 4 pour la direction).

Il embarque des capteurs laser qui détectent les obstacles ou les piétons, une centrale inertielle couplée à un récepteur GPS pour se repérer dans l'espace, un émetteur et un récepteur GSM<sup>3</sup> reliés à l'ordinateur de bord. Le RobuTAINeR est piloté automatiquement ou manuellement par le docker. Il fait l'objet d'un suivi à distance par un serveur dédié qui comporte également des fonctions de simulation pour programmer ses missions. L'objectif étant de doper la compétitivité des ports du nord-ouest de l'Europe situés le long du littoral, de l'Irlande jusqu'au Pays-Bas. En effet c'est en une région où les acteurs portuaires souffrent d'un manque d'espace, d'une congestion du trafic et de la pollution.



FIGURE 1 – Photo du RobuTAINeR en action dans un port

---

3. Global System for Mobile

### 2.2.2 Problème

Lorsque le RobuTAINeR traverse le port, il est amené à circuler entre des murs de conteneurs. La hauteur et la composition métallique de ces murs empêchent une bonne réception du signal GPS. Or ce signal GPS est capital pour que le RobuTAINeR puisse se déplacer avec précision. Actuellement, seuls des lasers permettent au RobuTAINeR de continuer sa mission. Mais au-delà d'une vingtaine de secondes, la trajectoire devient trop approximative.

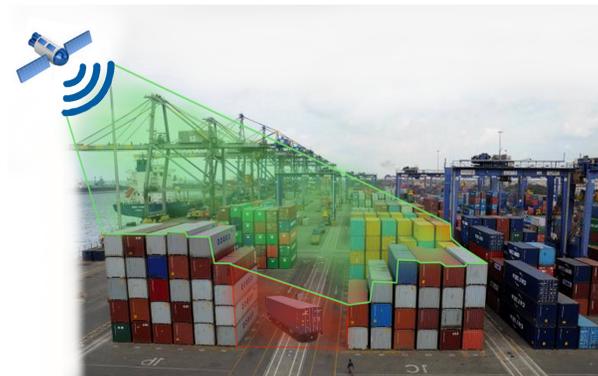


FIGURE 2 – Représentation de la perte du signal GPS

### 2.3 Drone

Le drone est le moyen qui a été choisi pour aider le RobuTAINeR à naviguer dans le port.

#### 2.3.1 Mission

Le drone aura pour principale mission de relayer le signal GPS venant des satellites au RobuTAINeR. Avant de partir en mission, le drone recevra le même parcours que le RobuTAINeR. Au départ, le drone décollera et viendra se placer au dessus du RobuTAINeR. Puis, il accompagnera le RobuTAINeR tout au long de son parcours. Lorsque celui-ci commencera à perdre le signal GPS, alors le drone prendra le relais. Pour cela, il lui faudra repérer exactement la position du RobuTAINeR afin de calculer la position de celui-ci par rapport à la sienne et dans un second temps de lui envoyer ses coordonnées GPS.

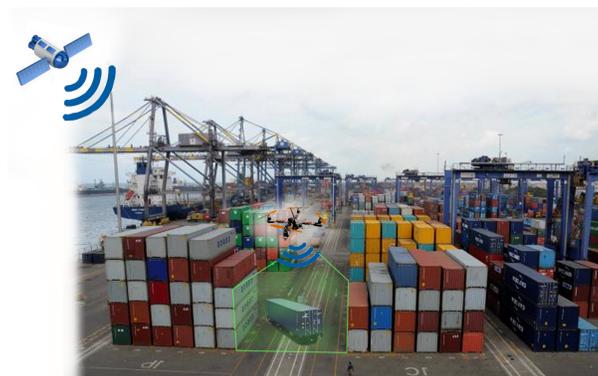


FIGURE 3 – Représentation du relai du signal GPS par le drone

## 3 Cahier des charges

### 3.1 Conditions d'utilisation

Pour cette étude de faisabilité, l'environnement de fonctionnement sera très simplifié. C'est-à-dire que le drone ne sera utilisé que dans de bonnes conditions météorologiques et que l'espace dans lequel il se déplace sera dépourvu de tout obstacle.

Pour les conditions atmosphériques, le vent devra être faible pour que le drone puisse facilement suivre le RobuTAINeR et le temps devra être beau (en effet le drone n'est pas prévu pour effectuer un vol par temps pluvieux). Au niveau des obstacles, le port est un environnement dangereux pour le drone. La présence de câbles aériens, de murs de conteneurs, ainsi que de grues rendent le survol à basse altitude risqué.

### 3.2 Définition des besoins

Le drone devra être capable de recevoir un signal GPS et de l'interpréter. Ce qui veut dire que le drone devra emporter l'équipement nécessaire pour qu'à partir du signal GPS et d'autres capteurs, il puisse en déduire sa position (coordonnées GPS, altitude, orientation). L'autonomie requise pour le drone devra être d'une trentaine de minutes.

### 3.3 Spécifications techniques

Afin de ne pas perturber le comportement du drone et de ne pas réduire son autonomie, l'équipement nécessaire à l'accomplissement de sa mission sera séparé de son équipement d'origine. L'appareillage devra donc avoir sa propre source d'énergie, ses propres capteurs et une gestion des données séparée. L'ensemble devra également respecter l'autonomie demandée.

La communication entre le drone et le RobuTAINeR devra être de bonne qualité et résistante au milieu portuaire (émission et réception dans un environnement sujet aux perturbations). Le drone devra effectuer un vol stabilisé au dessus du RobuTAINeR à une altitude d'environ 30 mètres.

## 4 Schéma global de la solution retenue

### 4.1 Pour le RobuTAINeR

Pour ce projet, M. Coelen et moi allons installer un ordinateur de bord dans le RobuTAINeR. Il servira à la fois à mon projet et aussi à d'autres projets en cours. Nous équiperons cet ordinateur d'un module radio et d'une antenne GPS. Bien que le RobuTAINeR dispose déjà d'un système de localisation GPS, et comme ce projet n'est qu'une étude de faisabilité, nous allons greffer un autre module GPS pour ne pas perturber le premier. Le module radio permettra la communication entre le RobuTAINeR et le drone. Nous avons choisi un module radio et non un module wifi car la portée est plus grande et la résistance aux perturbations meilleure.

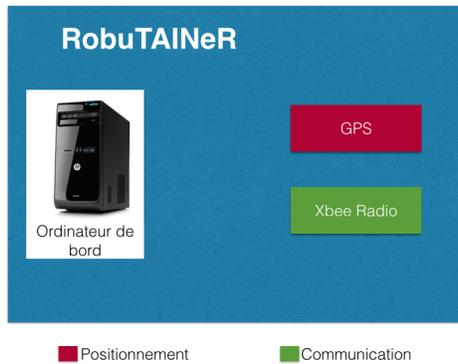


FIGURE 4 – Ensemble des composants ajoutés au RobuTAINeR

### 4.2 Pour le drone

De son côté, le drone emportera une caméra pour pouvoir repérer le RobuTAINeR, un altimètre, un module GPS et une centrale inertielle qui lui permettront de connaître avec exactitude sa position. Un module radio sera aussi fourni pour pouvoir échanger les données avec le RobuTAINeR. L'ensemble de ces composants sera géré par une Raspberry Pi et alimenté par une batterie<sup>4</sup>. Le drone qui a été retenu pour ce projet et ses caractéristiques se trouvent en annexe A.

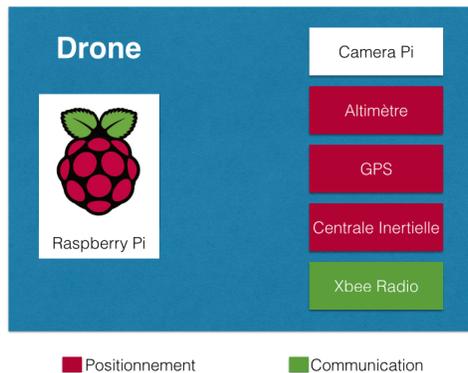


FIGURE 5 – Ensemble des composants ajoutés au drone

4. de même type que les batteries externes pour les téléphones portables

## 5 Réalisation

### 5.1 La Raspberry Pi

La prise en main de la Raspberry Pi a été relativement facile. Le fait d'avoir travaillé sur des arduinos <sup>a</sup> m'a bien aidé. La Raspberry Pi servira d'ordinateur de bord sur le drone. Elle devra gérer les différents capteurs, collecter les informations et faire les calculs nécessaires. Elle s'occupera également de la gestion des communication avec le RobuTAINeR.

<sup>a</sup>. Cartes électroniques similaires



### 5.2 La caméra de la Raspberry

La caméra que nous avons installée est un module complémentaire de la Raspberry Pi, c'est-à-dire qu'elle se branche directement sur la carte. Il suffit ensuite d'activer cette caméra par quelques lignes dans le terminal de la Raspberry Pi. J'ai créé quelques lignes de code qui permettent à la caméra de prendre des photos à intervalles réguliers. J'ai aussi utilisé la caméra pour faire une vidéo, mais il semblerait que la puissance de la Raspberry soit insuffisante pour faire du traitement d'images en parallèle avec les autres opérations (communications, réception du signal GPS, calcul de la position). Le câblage de la caméra et de la Raspberry est disponible en annexe B.



### 5.3 Programme de prise d'images

Une fois la camera installée, j'ai écrit en Python différents programmes dans le but de prendre des photos et vidéos. Cette phase effectuée, j'ai commencé à coder un programme de traitement d'images pour pouvoir localiser le RobuTAINeR à l'aide d'une cible. Se pose alors le problème de la reconnaissance de celle-ci. Après en avoir parlé avec M. Merzouki, nous avons imaginé peindre une cible sur le dessus d'un conteneur mis à ma disposition. Cependant cette solution ne peut être que temporaire, car on ne peut pas envisager de peindre tous les conteneurs. D'un commun accord avec M. Merzouki, j'ai mis cette partie du projet en attente afin de me focaliser sur les autres composants.



## 5.4 L'altimètre

L'altimètre nous permet de connaître l'altitude à laquelle le drone se trouve. Cette donnée viendra compléter celle fournie par le GPS, afin d'avoir une mesure la plus fiable possible de la position du drone. Un programme permet de retourner la température, la pression, l'altitude et de les afficher sur l'écran. Le câblage de l'altimètre et de la Raspberry est disponible en annexe B.



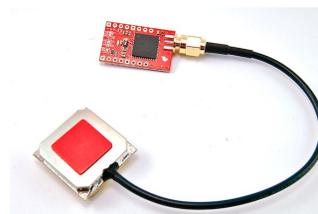
## 5.5 La télécommande du drone

La télécommande du drone n'est pas une tâche à laquelle on pense quand on fait le planning. Et pourtant, celle-ci demande du temps. En effet, les réglages et les commandes de vol sont complexes. Il faut compter un à deux jours de formation pour pouvoir utiliser correctement cette télécommande. Néanmoins, dans notre cas, l'utilisation restera basique. C'est-à-dire que l'on viendra juste placer le drone au-dessus du RobuTAINeR. Pour l'instant, je me suis cantonné aux réglages de la télécommande. Une séance de vol est prévu pour le jeudi 18 décembre ou le vendredi 19, si la météo le permet.



## 5.6 Le module GPS

Le travail sur le module GPS est récent, je n'ai commencé que le week-end du 13-14 décembre. Actuellement, la communication entre la Raspberry et le module fonctionne et je peux visualiser les données dans la fenêtre du terminal. Mais ces données ne sont pas correctes, en effet les trames renvoyées par le module GPS ne contiennent pas d'informations (latitude, longitude..). Il manque certainement une initialisation du module GPS. Le câblage du module GPS et de la Raspberry est disponible en annexe B.



## 6 Planning

### 6.1 Semaines 2, 3 et 4 de 2015

N'ayant pas encore d'emploi du temps pour cette période, j'ai prévu deux tâches : d'une part compléter la partie GPS du projet, d'autre part mettre en place la centrale inertielle.

Pour la partie GPS, je devrais mettre en forme les données envoyées par le module GPS et les rendre exploitables pour le calcul de la position du drone.

Pour la partie centrale inertielle, je vais dans un premier temps connecter ce composant à la Raspberry Pi. Puis dans un second temps, je mettrai en place un algorithme qui permettra de connaître l'orientation du drone en fonction de l'accélération sur chacun de ces trois axes<sup>5</sup>.

Si je dispose d'assez de temps, mon objectif serait de fusionner les données de ces deux composants ainsi que les données de la caméra, dans le but de calculer les coordonnées du RobuTAINeR localisé par la caméra. En effet, connaissant la position, l'altitude et l'orientation du drone lorsque celui-ci observe le RobuTAINeR, on peut déterminer la position de ce dernier.

### 6.2 Semaine 5

Je me concentrerai sur la communication entre le drone et le RobuTAINeR. Normalement cette étape ne devrait pas me prendre toute la semaine. Je pourrai utiliser le temps restant pour terminer le travail des semaines 2,3 et 4. De plus, pour cette étape, M. Merzouki m'a proposé de me mettre en contact avec des personnes qui pourront me venir en aide en cas de difficultés.

### 6.3 Semaine 6

Le travail prévu pour cette semaine viendra compléter le travail réalisé en janvier. En effet, je compte reprendre le programme de traitement d'image et le finir durant cette semaine. À ce moment, il faudra que je définisse la cible qui sera reconnu par la caméra.

### 6.4 Semaine 7

Elle sera consacrée à la mise en place de l'ordinateur de bord du RobuTAINeR ainsi que des différents composants du RobuTAINeR (GPS, module radio). Normalement cette installation ne comportera pas de problèmes particuliers, les programmes pour gérer le module GPS et le module radio étant déjà développés dans une partie précédente.

### 6.5 Semaine 8

Idéalement, la semaine 8 devrait permettre de tester l'ensemble du projet et de vérifier son bon fonctionnement. Mais je pense que cette semaine servira surtout à régler les parties qui n'auront pas été terminées en temps et en heure. Dans ce cas, les tests finaux auront lieu dans la dernière semaine de projet.

### 6.6 Semaine 9

Lors de la dernière semaine, je compte finir la rédaction de mon rapport ainsi que la présentation. J'en profiterai aussi pour rédiger une documentation technique détaillée et complète du projet. Ceci dans le but de rendre le projet facilement accessible pour d'éventuelles améliorations ou modifications.

---

5. Axe de roulis, axe de tangage, axe de lacet

## 7 Conclusion

### 7.1 Problèmes rencontrés

Dans cette première phase du projet de fin d'études, j'ai été confronté à plusieurs problèmes :

- La caméra de la Raspberry que nous avons choisie semble renvoyer une image de trop faible qualité.
- Le boîtier de la Raspberry n'est pas optimal (boîtier entièrement fermé et donc pas d'accès possible aux broches)
- Un manque de matériel de base (piles pour la télécommande, câbles, platine de test...)

Solutions que l'on peut mettre en oeuvre pour résoudre ces problèmes :

Pour la caméra, il faut attendre les premiers tests en conditions réelles pour voir s'il est nécessaire de la changer. Dans le cas où un changement s'imposerait, on pourrait remplacer cette caméra par une caméra branchée sur un port USB de la Raspberry. Une caméra comme celle utilisée sur les Robotinos devrait convenir.

Pour ce qui est des problèmes matériels, je remercie M. Redon de m'avoir dépanné d'une dizaine de câbles pour que je puisse connecter facilement les différents composants à la Raspberry. Pour le boîtier de la Raspberry, nous allons en commander un nouveau afin que la carte soit protégée et que l'ensemble des broches soient facilement accessible.

### 7.2 Avis personnel

Je suis plutôt satisfait du travail que j'ai réalisé, cependant je pensais pouvoir avancer un peu plus vite dans ce projet. Travailler seul a des avantages au niveau de l'organisation, mais il est évidemment que le travail en groupe ou au moins en binôme apporte beaucoup lors de la confrontation à un problème.

Ce projet m'a permis de progresser sur la planification des tâches. J'ai appris à mes dépens, qu'une bonne décomposition de l'ensemble des postes d'un projet permet de mieux planifier l'ensemble. Par exemple, dans ce PFE j'ai sous-estimé la prise en main de la télécommande du drone.

### 7.3 Vision du projet pour janvier et février

Après avoir réalisé une estimation de la durée et de la difficulté de chaque tâche, je pense avoir réalisé environ 17% de mon projet. Le planning décrit précédemment me semble réalisable. De plus, j'ai réservé quelques jours "tampons", qui me permettront de compenser une partie si celle-ci prend plus de longtemps que prévu.

## A Drone retenu pour ce projet



FIGURE 6 – Walkera QR x800

Type : 800 size Quadcopter  
Main control board : FCS800  
Servo : WK-4005  
Main rotor dia. : 1200mm  
Main rotor length : 400mm  
Brushless motor : WK-WS-48-001  
Brushless ESC : WK-WST-60A-6  
Battery : 6S 22.2V 6000 10000mAh  
Flight time : 30 60mins (depends on loading weight)  
Flying weight : 3900g (with 6S 10000mAh 10C Walkera battery)  
Dimension : 620x620x460mm  
Aluminum case dimension : 530x235x560mm

## B Schéma de câblage de la Raspberry et des composants

J'ai représenté sur ce schéma uniquement les composants sur lesquels j'ai travaillé (caméra, altimètre, GPS)

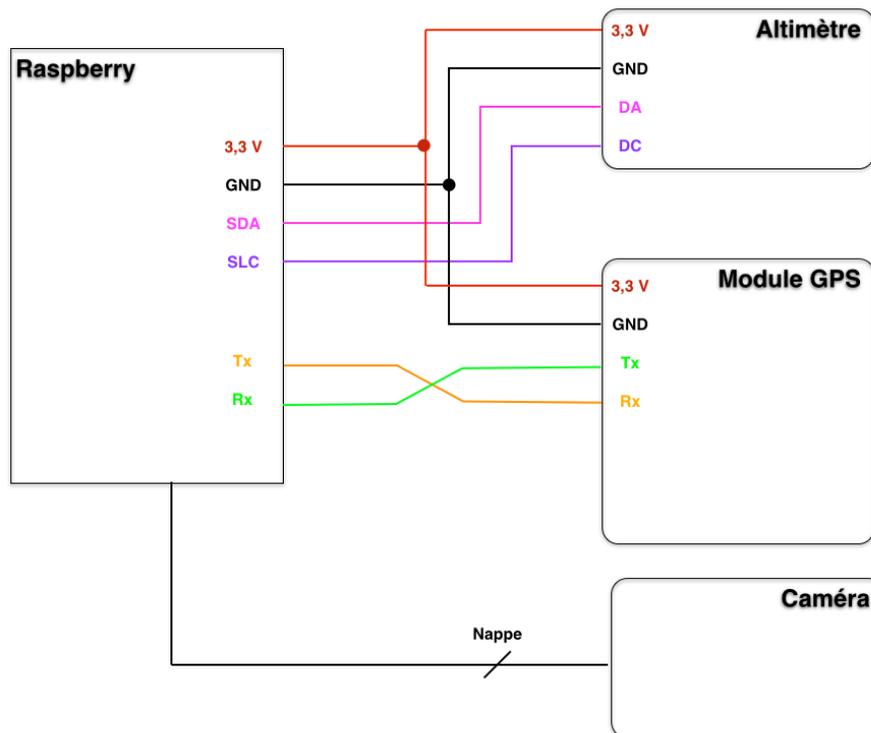


FIGURE 7 – Schéma de câblage

Signification des broches :

3,3 V : Alimentation fournie par la Raspberry

GND : Masse électrique

SDA / DA : signal de données pour la communication I2C

SLC / DC : signal d'horloge pour la communication I2C

Tx : Broche de transmission pour la communication série

Rx : Broche de réception pour la communication série