

BALISES

"EUROBOT 2006"



TRAVAIL DE DIPLOME

Sébastien Gay – P67
CPLN-EST
Laboratoire d'automatisme
Professeur responsable : Michel Bertarionne
2 septembre 2006

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
2. CAHIER DES CHARGES	1
3. EUROBOT 06 (COUPE DE ROBOTIQUE)	2
3.1. PRESENTATION	2
3.2. REGLEMENT	2
3.2.1. CONTRAINTES (POUR BALISES)	3
4. PRINCIPES DE POSITIONNEMENT ABSOLU	6
4.1. ULTRASONS	7
4.2. LASER	8
4.3. INFRAROUGES	9
4.4. TELEMETRE LASER	10
4.5. CAMERA	11
4.6. CHOIX DU PRINCIPE	12
4.7. COMMUNICATION AVEC LE ROBOT	12
5. BALISES EUROBOT 06	13
5.1. EMBLEMENTS	13
5.2. ABREVIATIONS	13
5.3. RESUME	14
5.4. SCHEMA DE PRINCIPE	15
5.4.1. BALISE ROTATIVE	15
5.4.2. BALISE MERE	16
5.4.3. BALISE 1	17
5.4.4. BALISE 2	18
5.5. DESCRIPTION DETAILLEE DES ELEMENTS	19
5.5.1. BALISE ROTATIVE	19
5.5.2. CARTE RECEPTION LASER DE LA BALISE ROTATIVE	22
5.5.3. CARTE DE TRIANGULATION	30
5.5.4. CARTE EMISSION RECEPTION HF	36
5.6. DESCRIPTION D'UN CYCLE DE "ROTATION" SIMPLIFIE	38
5.6.1. ETAT INITIAL :	38
5.6.2. LASER SUR BALISE MERE	38
5.6.3. LASER SUR BALISE 1	39
5.6.4. LASER SUR BALISE 2	40
5.7. REGULATION DE VITESSE DE LA BALISE ROTATIVE	41
5.7.1. CALCUL DE L'INERTIE DES OBJETS EN ROTATION	41
5.7.2. CHOIX DU MOTEUR, REDUCTEUR ET CODEUR	43
5.7.3. COMMANDE DU MOTEUR CC	47

5.7.4.	SUITE DU TRAVAIL	52
5.8.	CALCUL TRIANGULATION	53
5.8.1.	RECHERCHE DE A2	54
5.8.2.	RECHERCHE DE X ET Y	57
5.8.3.	REPARTITION DES POINTS POUR LES ANGLES A ₁ ET B ₁ MULTIPLES DE 5°	58
5.9.	PIC	59
5.9.1.	PRESENTATION :	59
5.9.2.	DANS NOS DIFFERENTES APPLICATIONS ON UTILISE LES PRODUITS SUIVANTS :	60
5.10.	SERVOMOTEUR	61
5.10.1.	COMMANDE	62
5.10.2.	PROGRAMME SUR PIC	63
5.10.3.	DIAGRAMME TEMPOREL DES SIGNAUX DES 8 SERVOS	65
5.10.4.	MODIFICATION EN MOTEUR CC	65
<u>6.</u>	<u>SUITE DU TRAVAIL</u>	<u>68</u>
<u>7.</u>	<u>CONCLUSION</u>	<u>69</u>
<u>8.</u>	<u>REMERCIEMENTS</u>	<u>71</u>
<u>9.</u>	<u>ANNEXES</u>	<u>71</u>

1. INTRODUCTION

Lors de la participation de la classe 2TA (volée 2005 – 2006) à SwissEurobot 2006, un système de balise a été développé. Celui-ci a pour but de déterminer la position d'un mobile (p. ex. : un robot) dans un système de coordonnées cartésiennes grâce à 3 Balises fixes et un dispositif embarqué sur le mobile.

Malheureusement ce dispositif n'a pas pu être terminé, et donc utilisé, lors de la coupe de robotique.

Le but de ce travail de diplôme est de reprendre le prototype des Balises afin de les rendre fonctionnelles et utilisables lors de prochaines coupes de robotique.

Ce rapport permet de comprendre le fonctionnement de balises ainsi que les différents éléments qui les composent.

2. CAHIER DES CHARGES

Objectifs :

- Faire les corrections pour que le système passe du niveau prototype à un dispositif utilisable et reproductible.
- Décrire et tester les algorithmes permettant d'utiliser le dispositif avec divers systèmes de commande (PC, microcontrôleur, API).
- Réaliser une application de démonstration.

Travail à effectuer :

- Etudier, concevoir, réaliser et câbler l'ensemble.
- Démontrer le fonctionnement du dispositif.
- Choisir les éléments manquants et justifier les choix dans ce rapport.
- Rédiger un dossier d'utilisation permettant à l'utilisateur de faire les adaptations à de nouvelles situations sans étudier le dispositif dans les détails.
- Rapport de construction complet avec les dessins, organigrammes et schémas de références.

3. EUROBOT 06 (COUPE DE ROBOTIQUE)

3.1. PRESENTATION

Eurobot est un concours de robotique international regroupant principalement des clubs de robotique ainsi que des groupes d'étudiants. Le but principal de ce concours est d'intéresser un maximum de personnes au monde de la robotique ainsi que de promouvoir la pratique de la science au sein d'un groupe de jeunes. Dans cette compétition le but recherché n'est pas la compétition, mais celle-ci permet d'attirer un maximum de monde, autant bien des concurrents que du public. Eurobot, au travers d'un concours sympathique et ludique, met ainsi en avant le fair-play, la solidarité, le partage des connaissances techniques et la créativité.

3.2. REGLEMENT

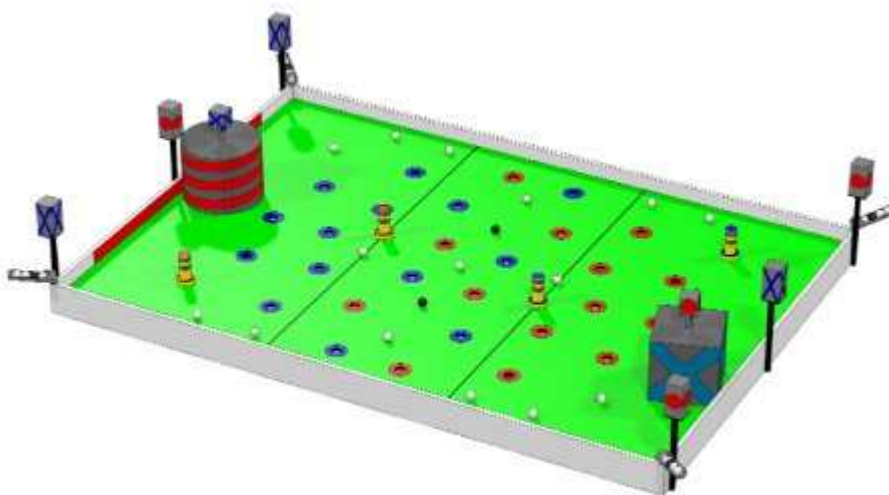
Il faut savoir que chaque année le règlement et le thème du concours change. Pour l'année 2006, le thème choisi par les organisateurs fut le Golf.

Chaque équipe doit construire un robot totalement autonome. Un match se déroule entre deux équipes et dure une minute trente. Chaque robot est associé à une couleur (bleu ou rouge) et les trous disposés sur le terrain sont entourés par des anneaux ayant ces mêmes couleurs. Pour gagner un match, un robot doit placer plus de balles blanches dans les trous de sa couleur que l'adversaire. De plus, un robot peut mettre des balles noires dans les trous aux couleurs de l'équipe adverse pour lui compliquer la tâche et que le match soit plus serré!

Chaque équipe a la possibilité de construire est d'utiliser des balises destinées à aider les robots à localiser leur position, celle des éléments de jeu et celle du robot adverse sur l'aire de jeu.

Pour plus d'informations sur le règlement : <http://www.eurobot.org>

Vue de l'aire de jeu



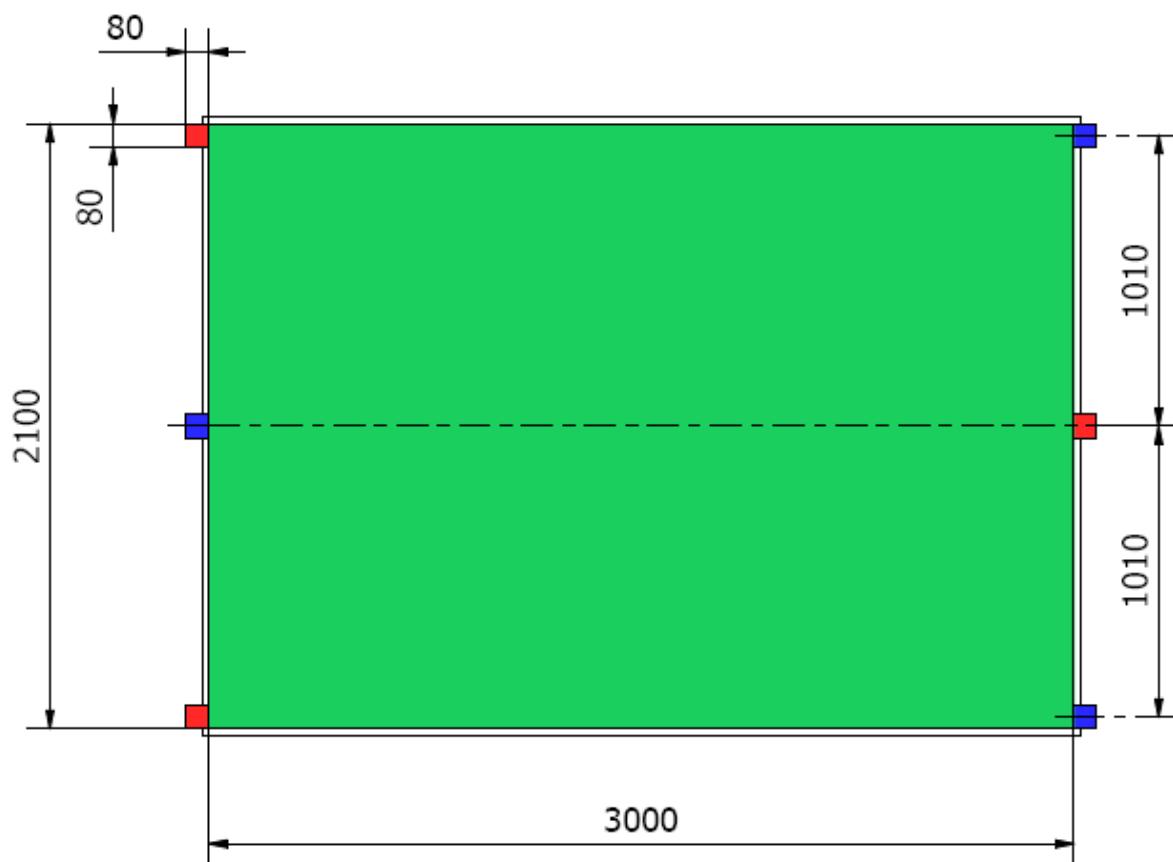
3.2.1. Contraintes (pour balises)

Ce chapitre est tiré du règlement général : Eurobot 2006, Funny Golf

Généralités

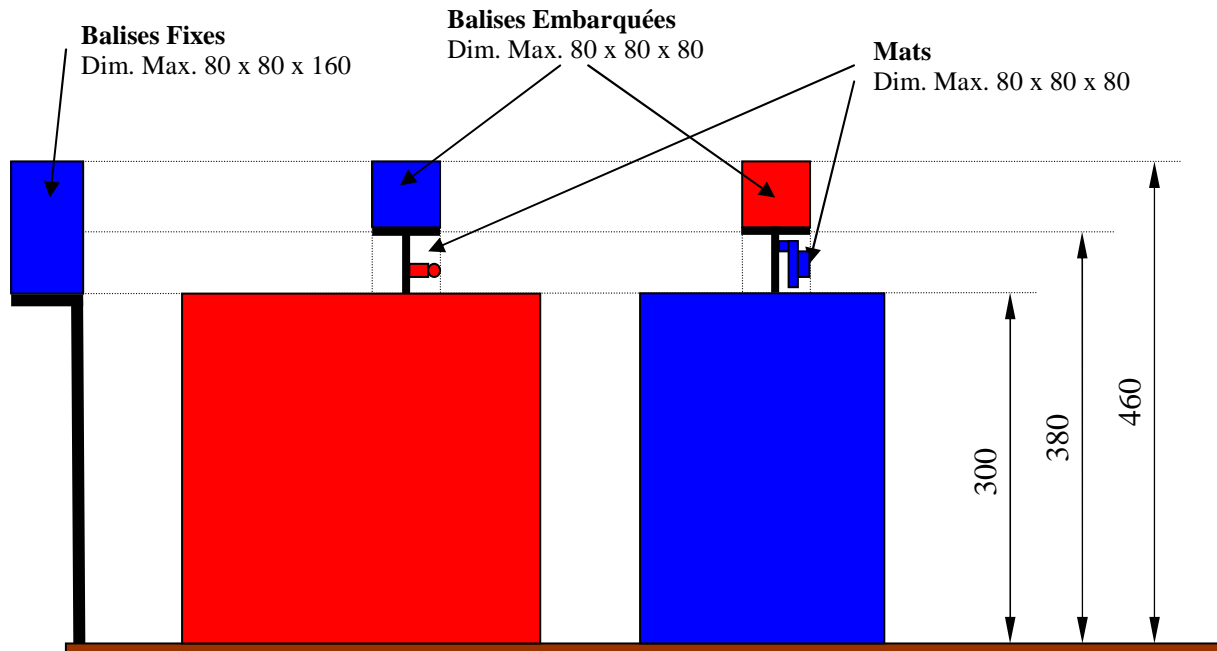
- *Les balises ne doivent en aucun cas de brouiller ni de gêner le robot adverse. Elles ne pourront être mises en place en cas de risque d'entrave au bon déroulement de la partie.*
- *Trois supports de balises fixes sont disposés le long de chaque largeur de l'aire de jeu à chaque extrémité et au milieu (voir plan en annexe). Ils sont de couleur noire et placés à une hauteur de 300 mm du niveau de la piste.*
- *L'utilisation de balises est facultative et leur construction est à la charge des équipes.*

Vue de dessus de l'aire de jeu simplifiée (indique la position des supports des balises fixes)



Toutes les cotes sont en mm.
Echelle : 1:25

Vue de côté des emplacements physiques utilisés pour les balises



Toutes les cotes sont en mm.

Echelle : - - -

Note : La zone "Mats" est réservée pour l'utilisation de balises (Capteur, Actionneur...)

Balise embarquée

- Une balise embarquée peut être posée sur le robot adverse afin de pouvoir le localiser. Elle devra être placée sur le support de balise prévu à cet effet.
- Une balise embarquée est autorisée par équipe.
- La balise embarquée doit être totalement autonome et indépendante.
- La dimension maximale d'une balise embarquée est un cube de 80 mm de côté.
- Les éléments de la balise doivent être utiles (pas de lest ou autre). Les arbitres pourront demander si nécessaire l'ouverture de la balise pour vérification.
- La surface supérieure de la balise embarquée doit pouvoir accueillir un repère de couleur identifiant la couleur allouée au robot.

Balises fixes

- *Chaque équipe peut placer au maximum trois balises sur les supports de balises prévus à cet effet autour de l'aire de jeu.*
- *Une équipe peut placer ses balises sur le support de balise situé au milieu de son aire de départ et sur les deux supports situés de l'autre côté de l'aire de jeu, aux deux extrémités.*
- *Elles doivent être globalement autonomes. Seules les deux d'entre elles qui sont situées du même côté de l'aire de jeu peuvent être reliées par un fil. L'éventuel fil ne doit en aucun cas gêner par sa présence le déroulement du match.*
- *Ces balises doivent s'inscrire dans un carré de 80 mm de côté et doivent avoir une hauteur maximale de 160 mm.*

Contraintes physiques

- *Les balises doivent avoir la face inférieure recouverte de velcro (face laine) afin d'être placées sur les supports prévus à cet effet.*
- *Les balises (embarquée et fixes) doivent rester immobiles sur leur support tout au long de la partie.*

Signaux de communication

- *Afin d'éviter les interférences entre les équipes, il est conseillé de coder les signaux de communication. Nous incitons les équipes utilisant des systèmes infrarouges à tenir compte du fort éclairage ambiant pendant les rencontres. Cet éclairage pourra, de plus, varier en fonction du moment et du site.*
- *Nous signalons également que l'équipe d'organisation utilise des dispositifs H.F. sur le site du concours.*
- *Aucune réclamation ne sera prise en compte concernant les problèmes d'interférences. Les machines doivent être en mesure de s'adapter aux différentes situations qui sont susceptibles d'évoluer selon le moment et le lieu de la compétition.*

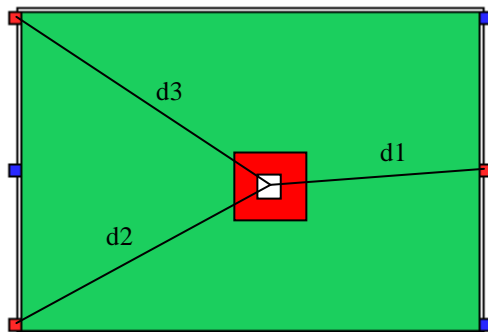
Lasers

- *Puissance maximale utilisée : 1mW (0dBm).*

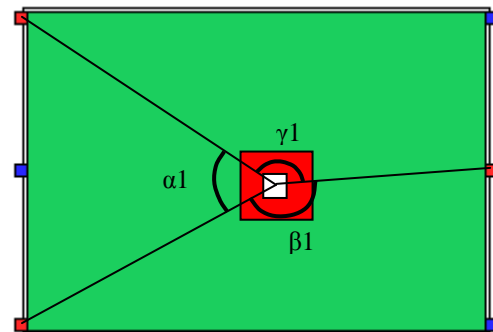
4. PRINCIPES DE POSITIONNEMENT ABSOLU

Afin de pouvoir connaître la position du mobile (robot) il existe deux principes de base. Le troisième principe (Orientation) consiste à orienter le robot pour qu'il se dirige dans une certaine direction.

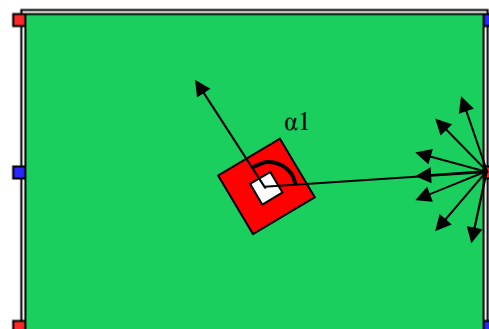
Mesure de distance



Mesure d'angle



Orientation



Pour mesurer ces angles ou ces distances il existe plusieurs principes de mesure. La liste ci-dessous résume ces différents principes.

- **Ultrasons (US)**
- **Laser**
- **Infrarouge (IR)**
- **Télémètre Laser**
- **Caméra**

- Mesure de distance
- Mesure d'angle
- Mesure d'angle, Orientation
- Mesure de distance
- Orientation

4.1. ULTRASONS

Principe : On envoie un signal codé depuis le robot grâce aux cellules US (Transducteurs ultrasoniques). Etant donné que la vitesse de transmission du son dans l'air est connue on peut alors déterminer la distance séparant le robot à chacune des 3 balises.

Avantages :

- Bon marché
- Composants courants
- Principe simple

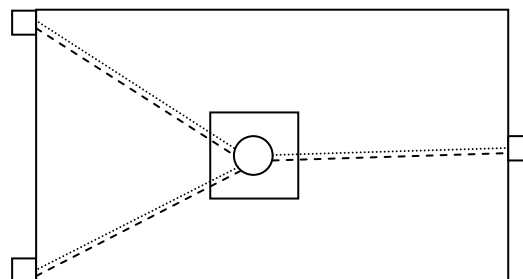
Inconvénients :

- Très facilement perturbable si d'autres équipes utilisent des ultrasons. Les ultrasons peuvent être très facilement perturbés à cause du bruit ambiant (turbine, cri du public...).
- Lors d'utilisation d'US il peut se produire un phénomène d'écho qui perturberait la mesure (l'onde ultrasonique qui rebondit contre un robot, une personne...).

Remarques :

- On doit tenir compte de la température de l'air. En effet la vitesse du son varie en fonction de la température de l'air.

Croquis de principe "Ultrasons"



--- Signal US (~334 m/s)

..... Signal HF ou IR (300'000 km/s)

- Au moment où on décide d'émettre la trame US, il faut dans le même temps envoyer un signal HF ou IR (beaucoup plus rapides que le son) aux trois balises. Ce signal permet d'enclencher les temporisateurs utilisés pour chronométrer le temps mis par les US pour parcourir la distance séparant le robot des balises.

4.2.LASER

Principe : Un faisceau laser horizontal, tournant à vitesse constante connue est placé sur le toit du robot (emplacement "Mats").

Les 3 balises captent l'une après l'autre le passage du faisceau laser grâce à une rangée de photodiodes. Etant donné que la vitesse de rotation est connue, il est possible d'en déduire les angles.

Avantages :

- Grand précision de mesure des angles.
- Composants courants.
- Principe simple.

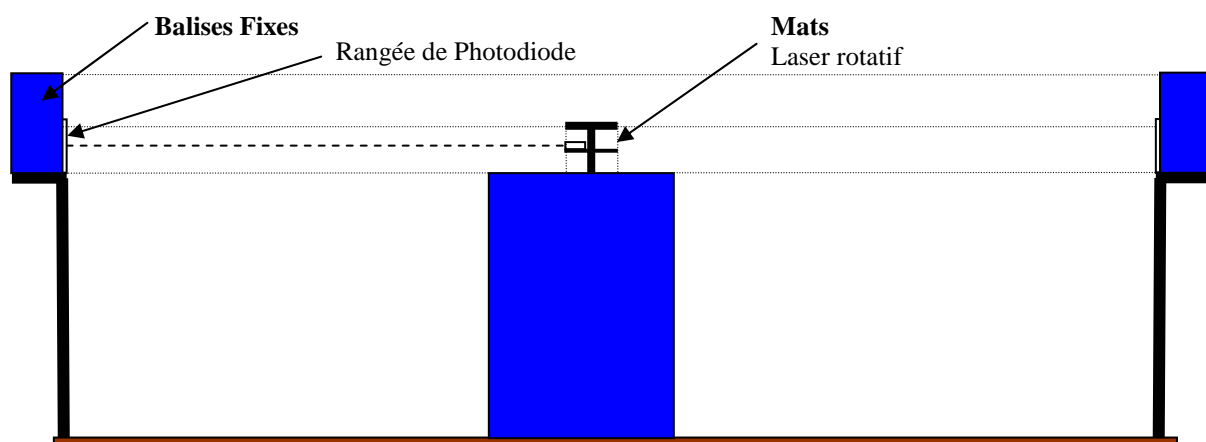
Inconvénients :

- Relativement cher car il faut beaucoup d'électronique et des composants miniaturisés (laser).
- Vu qu'on mesure des angles le calcul trigonométrique sera beaucoup plus compliqué que si on utilise la solution de mesure de distances.

Remarques :

- Il faut aussi que la tourelle laser tourne à une vitesse constante.
- Il est nécessaire de garantir une grande précision mécanique pour que le laser tourne parfaitement horizontalement. Pour cela il est nécessaire que le toit du robot reste parallèle à la surface de jeu.

Croquis de principe "Lasers"



4.3. INFRAROUGES

Principe : Une ou plusieurs balises fixes, équipées de LED infrarouges émettent un code infrarouge sur toute l'aire de jeu. Ce code devra être différent pour chaque balise afin de déterminer quelle balise on capte.

Sur le toit du robot, on dispose 10 photodiodes (ou plus) réparties uniformément sur 360°. Suivant quel(s) récepteur(s) reçoit l'information on peut alors déterminer d'où vient l'information et donc ensuite se diriger vers la balise que l'on souhaite.

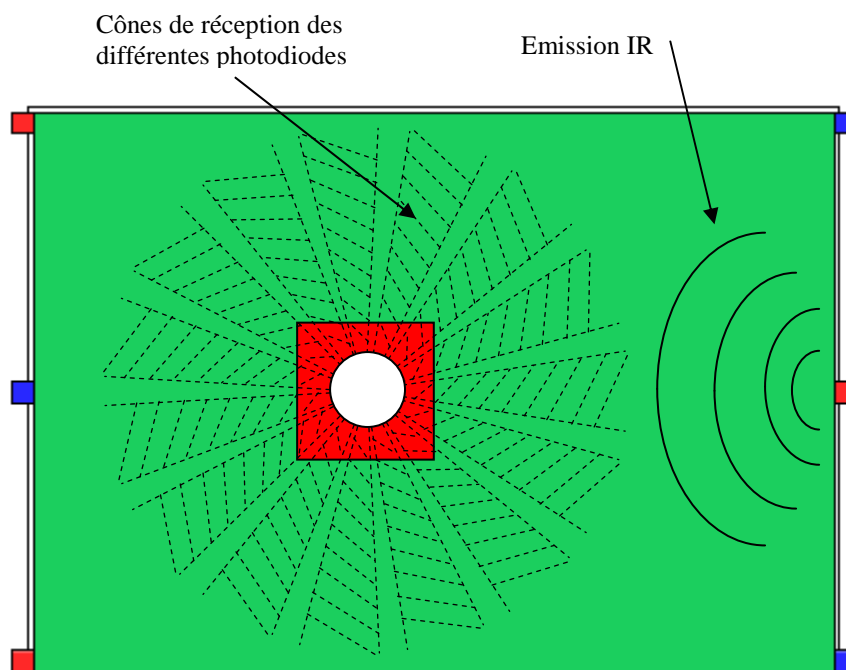
Avantages :

- Principe très simple.
- Composants courants.
- Bon marché.
- Balises fixes passives (aucune communication entre elles ni avec le robot)

Inconvénients :

- Avec cette méthode il n'est pas possible d'obtenir une position précise. On obtient une ou plusieurs directions où se trouvent la ou les balises.
- Du fait du très fort éclairage ambiant, ainsi que de la forte utilisation d'infrarouges lors de la coupe par les autres équipes, ceux-ci sont très facilement perturbables.

Croquis de principe "Infrarouges"



4.4. TELEMETRE LASER

Principe : Dans la zone "Mats", on fait tourner un télémètre laser sur 360°. Le faisceau laser du télémètre doit être parallèle au sol. Les 3 Balises fixes sont équipées d'une rangée verticale de photodiodes utilisée pour capter le faisceau laser du télémètre.

Lorsque le laser touche une des balises fixes, celle-ci renvoie l'information au robot (soit par IR soit par HF) indiquant que le laser touche l'une des balises. A ce moment là, on mesure la distance (grâce au télémètre) qui sépare le robot de la balise fixe. On fait de même pour les deux autres balises fixes.

Avantages :

- Principe simple.
- Très précis on pourrait se positionner au mm près
- Peu d'interférence

Inconvénients :

- Eléments miniaturisés spéciaux (télémètre laser)
- Très cher
- Electronique compliquée

Remarques :

- Comme pour la solution "Laser", il est nécessaire de garantir une grande précision mécanique pour que le laser tourne parfaitement horizontalement. Pour cela il est nécessaire que le toit du robot soit plat et surtout qu'il ne s'incline pas.
- Il faut développer une mécanique compliquée permettant de faire tourner uniquement le laser du télémètre et non pas le télémètre en entier car il serait alors impossible de récupérer l'information de distance donnée par ce dernier.

4.5. CAMERA

Principe : Sur le toit du robot on dispose d'une caméra miniature pointée vers l'avant du robot. Une ou plusieurs balises fixes sont équipées de LED haute luminosité de couleurs différentes.

En fonction de la couleur captée par la caméra le robot pourra déterminer l'orientation dans laquelle il se trouve.

Le principe est le même que celui utilisant les infrarouges à la différence près que le principe utilisant une caméra travaille avec la lumière visible.

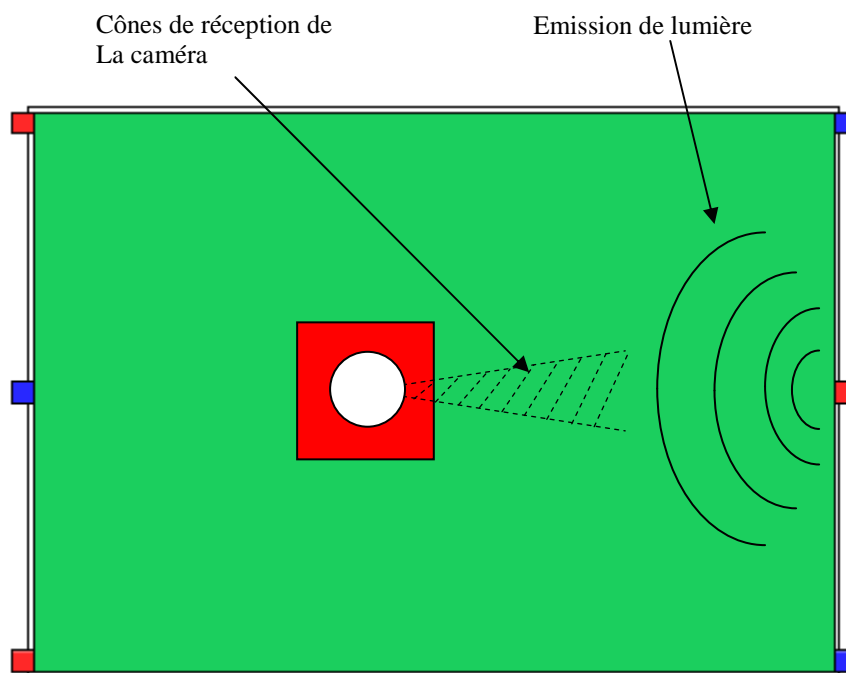
Avantages :

- Principe très simple.
- Composants courants.
- Bon marché.
- Balises fixes passives (aucune communication entre-elles ni avec le robot)

Inconvénients :

- Avec cette méthode il n'est pas possible d'obtenir une position précise. On obtient uniquement une ou plusieurs directions où se trouvent la ou les balises.
- En présence d'un puissant éclairage, et, ou de beaucoup de couleurs ambiantes, cette solution n'est pas applicable.

Croquis de principe "Caméra"



4.6. CHOIX DU PRINCIPE

Après avoir étudié ces différents principe on a opté pour la solution laser parce que:

- On obtient un positionnement absolu
- C'est la solution la moins facilement soumise à des perturbations.
- Le principe électronique est relativement simple.
- Le coût des éléments nécessaires n'est pas très élevé.
- Les éléments nécessaires sont relativement petit et donc ne nécessitent pas beaucoup de place.
- On peut trouver très facilement les différents composants dans le commerce.

Ce n'est pas la solution la plus simple ni la plus précise. Elle permet d'obtenir de bons résultats avec des connaissances en électronique moyennes ainsi qu'un coût raisonnable.

4.7. COMMUNICATION AVEC LE ROBOT

Pour pouvoir communiquer avec le robot il existe différents principes.

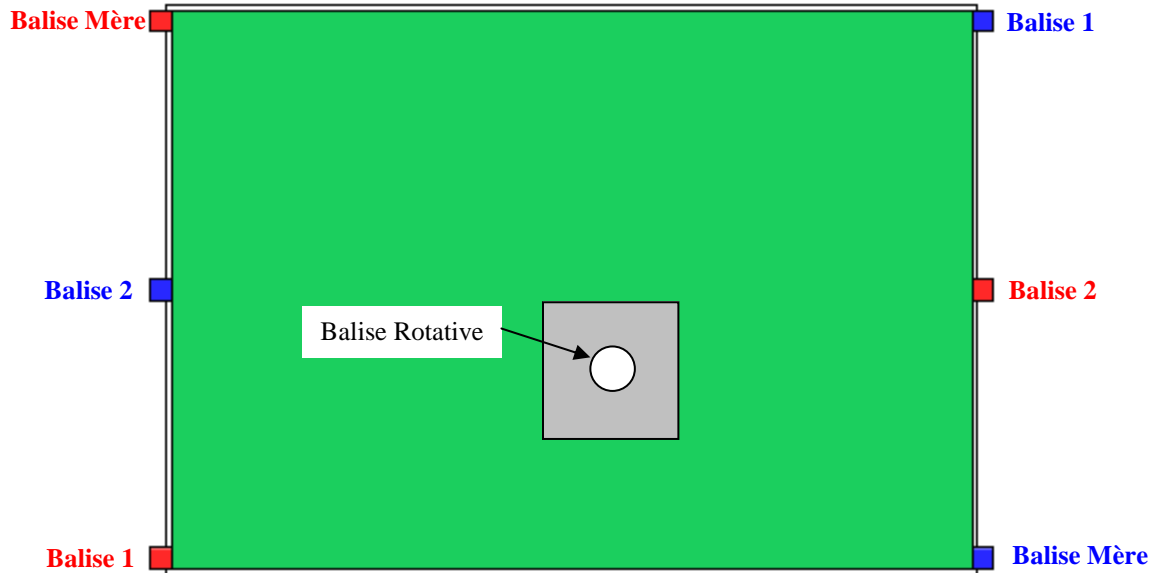
Le tableau suivant décrit les caractéristiques principales de chaque principe

Principe	Vitesse de transmission	Perturbations	Coût	Complexité	Portée
Modules HF	Elevée	Moyennes	Moyen	Bas	Elevée
Infrarouges	Basse	Très élevées	Bas	Moyen	Basse
Ultrasons	Basse	Moyennes	Bas	Moyen	Basse
Bluetooth	Elevée	Moyennes	Elevé	Bas	Elevée
Wifi	Elevée	Moyennes	Très élevé	Moyen	Elevée

Après analyse des différentes caractéristiques de chaque principe on a opté pour un système à base de modules HF. On aurait aussi bien pu choisir un système Bluetooth mais ce genre de produit est très récent donc il n'existe pas un grand choix de produits et leurs caractéristiques sont mal connues.

5. BALISES EUROBOT 06

5.1. EMPLACEMENTS



5.2. ABREVIATIONS

Lors de certaines étapes, il a été nécessaire de raccourcir certains noms pour différentes raisons (place à disposition, nom de fichier trop long...). Voici donc la liste des différentes abréviations.

ER = Emission – Réception

Rec. = Réception

Em. = Emission

B1 = Balise 1

B2 = Balise 2

BM = Balise Mère

BR = Balise Rotative

FA = Face Arrière

5.3. RESUME

Comme dit précédemment, il nous faut un laser tournant sur 360° horizontal par rapport à la surface de jeu et à vitesse constante nous appellerons cette partie "**Balise rotative**".

Pour capter le laser provenant de la balise rotative, il faudra une rangée verticale de photodiodes. Cette rangée sera implantée sur la carte "**Réception Laser de la Balise Rotative**". De plus, cette carte nous indiquera grâce à une sortie TTL si la balise a été touchée par le faisceau laser provenant de la balise rotative. On implantera une de ces cartes sur chacune des trois balises fixes.

Pour calculer la position, on disposera d'une carte spécialement dédiée à cela nommée "**Triangulation**". Elle aura trois entrées provenant de chaque carte "Réception Laser de la Balise Rotative" indiquant si une des trois balises a été touchée par le laser. Cette carte sera disposée dans la Balise Mère. Elle retournera la position via un port série RS232 (logique TTL) à la carte "Emission - Réception HF".

Afin de transmettre la position par HF au robot on utilisera une carte nommée "**Emission - Réception HF**". Elle disposera d'un port RS232 connecté au port série de la carte "Triangulation". Elle sera disposée dans la Balise Mère.

Une même carte sera disposée dans le robot afin de réceptionner la position envoyée par la première carte.

Etant donné qu'on ne peut pas relier par fil la Balise 2 directement à la Balise Mère, il a fallu trouver un moyen pour transmettre l'information à la carte "Triangulation" comme quoi la Balise 2 a été touchée. Pour cela un Laser est positionné dans la Balise 2 en direction de la Balise 1. Dans cette dernière on aura des photodiodes permettant de capter le faisceau laser provenant du laser situé dans la Balise 2.

A chaque fois que la Balise 2 est touchée par le laser de la "Balise Rotative", on activera un court instant le laser de la Balise 2. Ce dernier sera alors capté par les photodiodes de la Balise 1, ainsi on pourra transmettre le signal de la Balise 2 à la carte "Triangulation".

Il nous faut alors prévoir une carte "**Emission B2**" située dans la Balise 2 et une carte "**Réception B2**" située dans la Balise 1.





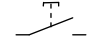
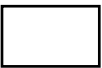

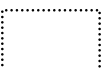
Plusieurs autres cartes secondaires seront utilisées pour différentes choses :

Carte : "**IR**" : Elle est utilisée pour fixer les photodiodes recevant le signal provenant de la carte "Emission B2". Ensuite, le signal électrique sera directement transmis à la carte "Réception B2". Cette carte sera implantée dans la Balise 1.

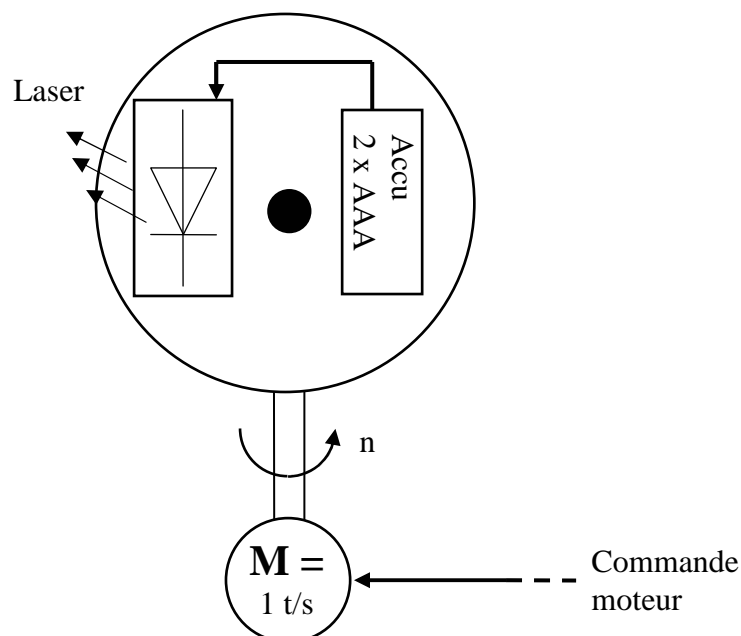
Carte "**Face Avant**" : Elle permet de fixer différents éléments de signalisation sur la face avant de la Balise mère.

Carte "**Interconnections**" : Cette carte permet tout simplement de connecter les différentes balises à l'aide d'un câble plat 6 pôles.

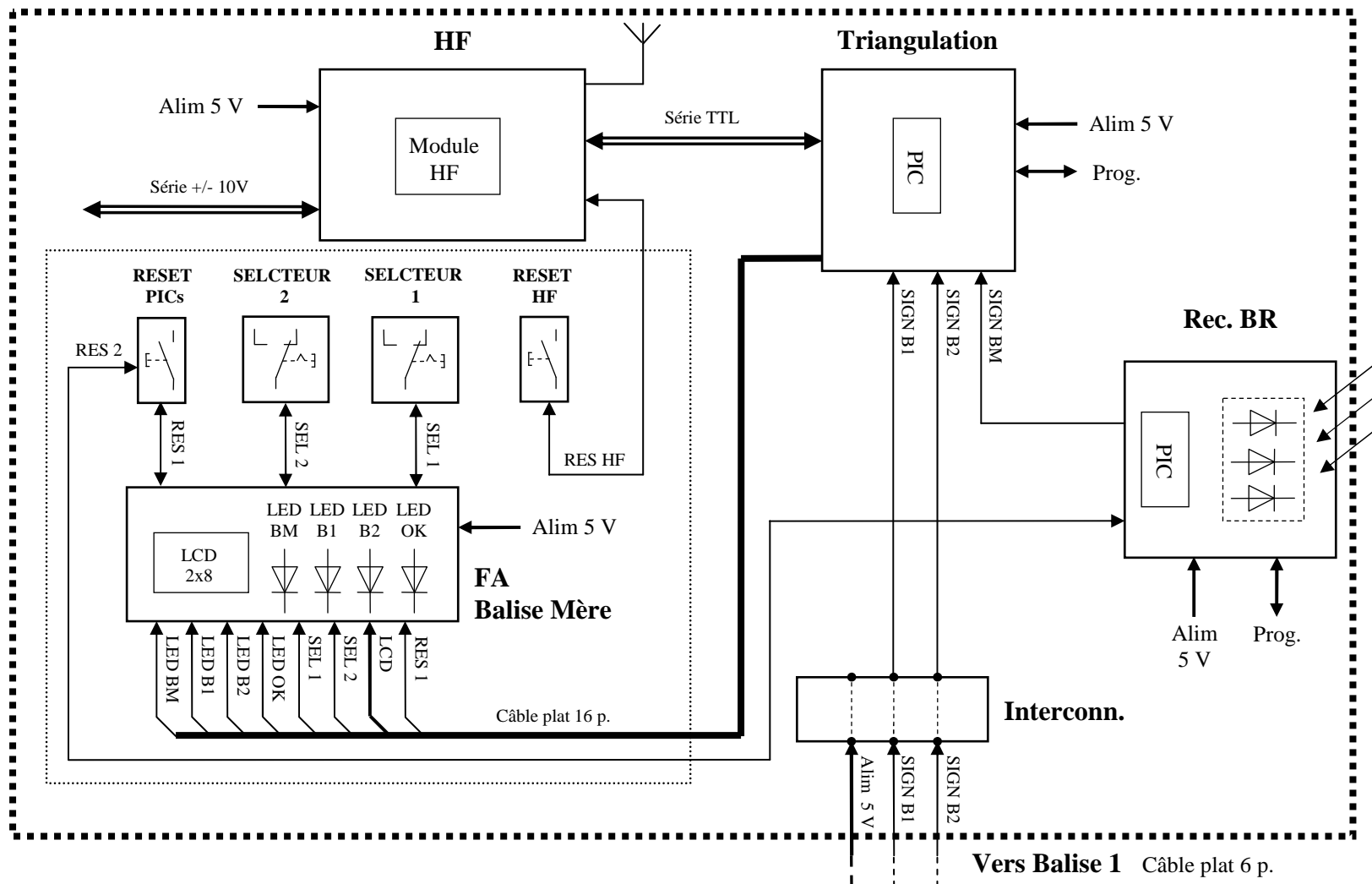
5.4. SCHEMA DE PRINCIPE

	Connexion Unifilaire
	Connexion entre 2 et 10 fils
	Connexion de plus de 10 fils
	Liaison Série
	Dessin Eléments
	Contour de Carte, Eléments
	Contour physique de la Balise
	Elements situés sur la Face Arrières des Balises Fixes

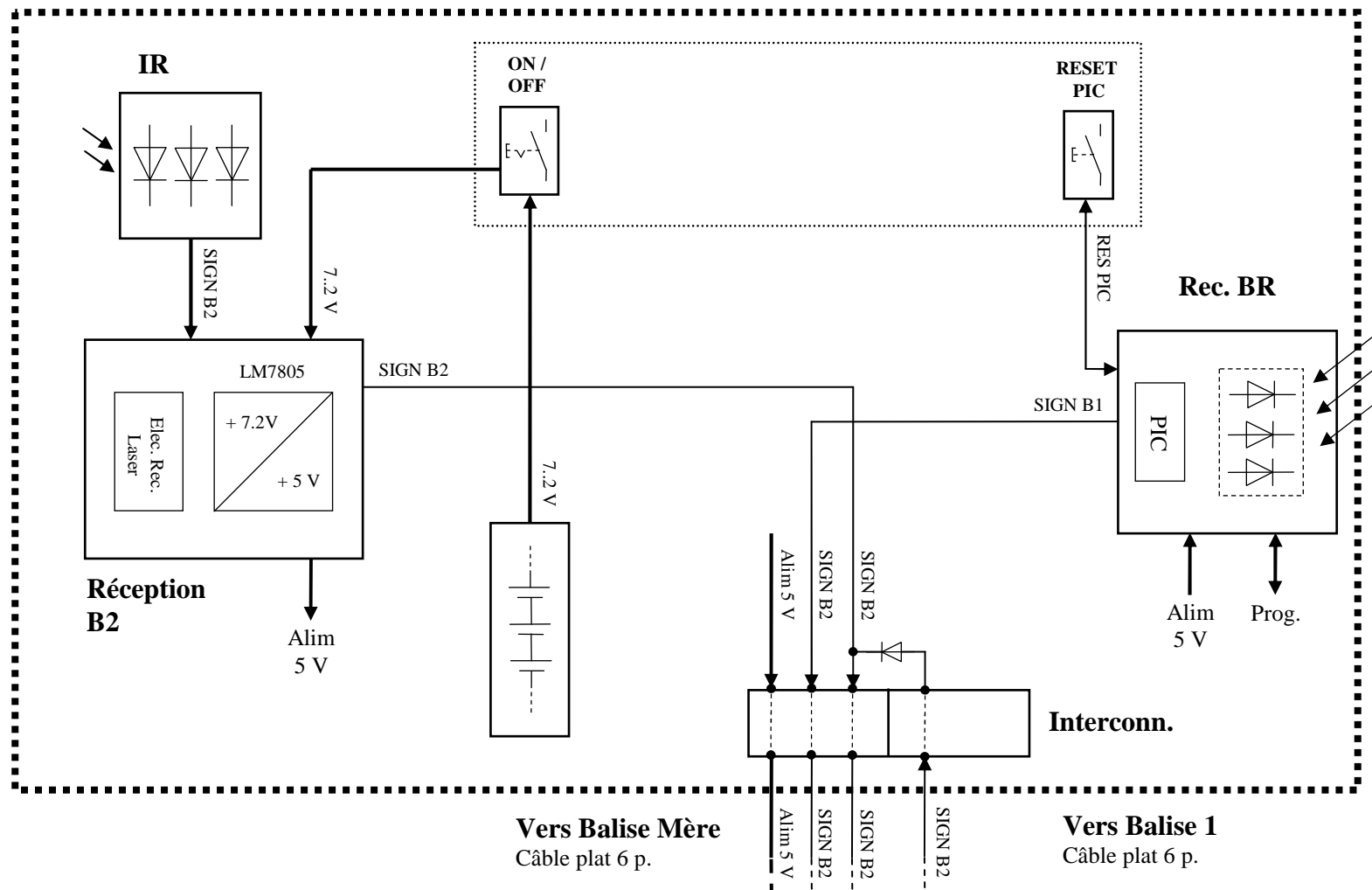
5.4.1. Balise Rotative



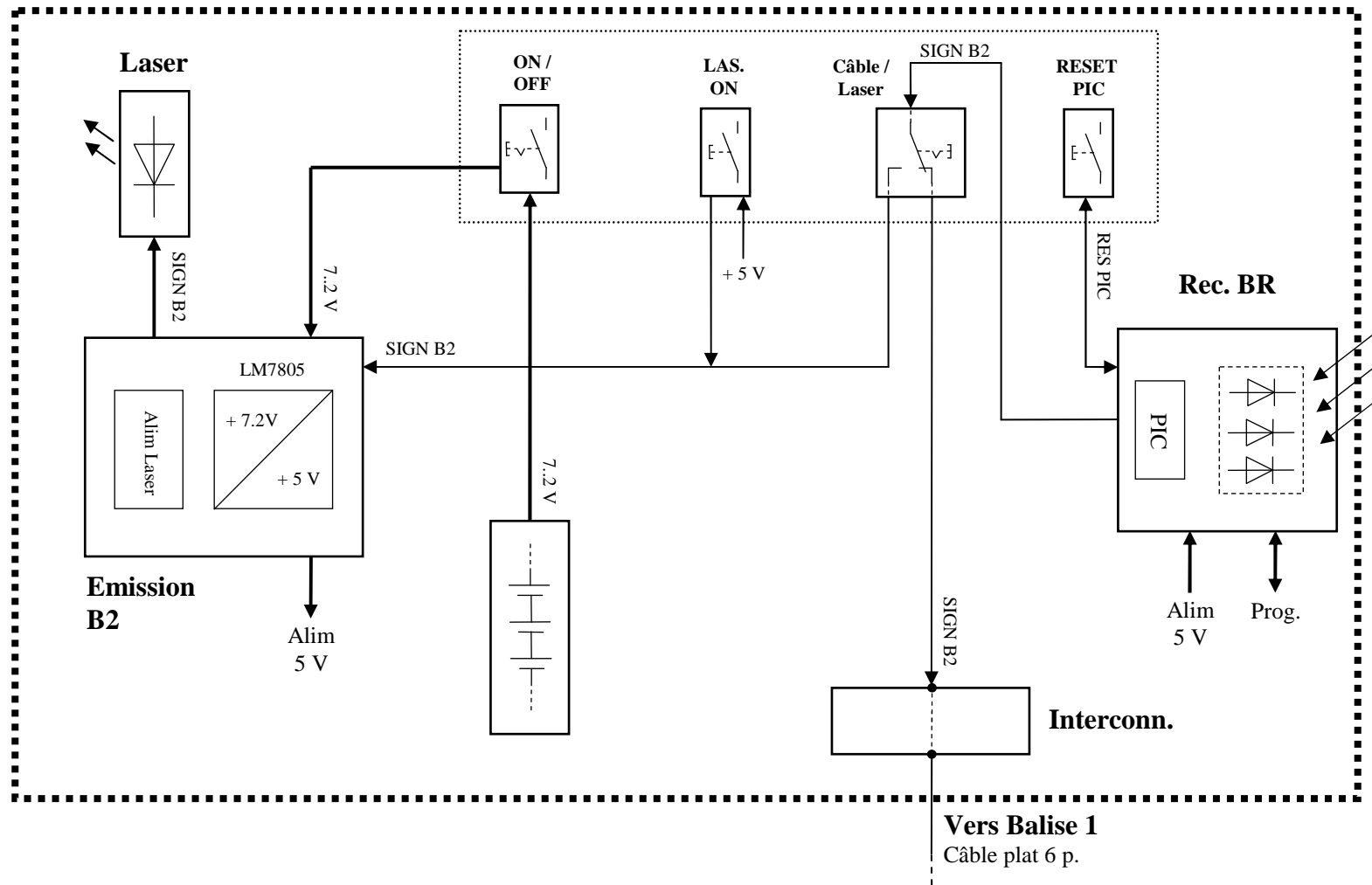
5.4.2. Balise Mère



5.4.3. Balise 1



5.4.4. Balise 2



5.5.DESCRPTION DETAILLEE DES ELEMENTS

5.5.1. Balise Rotative

Description générale :

La Balise Rotative permet de faire tourner deux lasers (ainsi que leurs alimentations) parallèles à la surface de jeu. Ces derniers doivent tourner à vitesse constante et sont entraînés par un moteur courant continu.

Emplacements

Ce système est disposé dans la zone "Mats" sur le toit du robot (80mm x 80mm x 80mm).

Choix des éléments spécifiques

Moteur laser : Dans un premier temps, avant le concours de robotique, on a décidé d'utiliser un servomoteur miniature de modélisme.

Avantages : Prix, pas besoin de réduction, encombrement, aucun délai de livraison, aucune électronique spécifique nécessaire.

Inconvénient : Aucune régulation de vitesse en boucle fermée possible.

Lors du travail de diplôme étant donné le budget et le temps disponible pour réaliser des améliorations, il a été décidé d'étudier le remplacement du servo moteur par un moteur CC.

Avantages : Régulation de vitesse et donc mesures des angles et coordonnées finales plus précises.

Inconvénients : Prix moteur + électronique, électronique spécifique, encombrement, délai de livraison élevé.

Avec cette solution on pourra alors obtenir une mesure des angles beaucoup plus précise et donc le résultat du positionnement sera d'autant plus précis.

Tous les détails sous la rubrique " Régulation de Vitesse de la Balise Rotative"

Lasers

En ce qui concerne les deux lasers, il était nécessaire que ceux-ci soient très petits étant donné la place à disposition. Pour une question de simplicité et d'encombrement, ces lasers devaient déjà avoir leur électronique incorporée directement dans le boîtier du laser (pas de LED laser avec électronique externe). Naturellement il devait être le moins cher possible.

Le choix a alors été porté sur des modules Laser de la maison Conrad de marque inconnue : OLSH503P178330 (650nm) < 1mW (Classe II)

De plus ce produit dispose d'un focus manuel permettant d'agrandir ou de diminuer la taille du point laser. C'est le plus petit module laser qu'il a été possible de trouver à un prix raisonnable.

Accumulateur Afin d'alimenter nos deux modules lasers, on a décidé d'utiliser des accus standard de type AAA. Etant donné que les lasers fonctionnent sous une tension comprise entre 2.3 V et 3 V d'après les tests on a décidé de mettre deux accus AAA de 1.2V en série. Pour permettre de changer ces accus facilement ils ont été placés dans des "socles à accus".
Le choix final s'est porté sur les accus de marque Yuasa et de type DHA800AAAC.
Ces derniers étant de type NIMH, ils permettent d'éviter l'effet "mémoire" présent sur les accus type NICD.

Electronique

En ce qui concerne les lasers et les accus aucune électronique ne permet d'activer/désactiver les lasers. Avant chaque utilisation des balises il suffit de mettre les accus dans leurs supports. Ceci évite de créer un système compliqué (balais, inductif, IR...) pour allumer les lasers avec un système programmé (microcontrôleur).

Pour faire tourner le servomoteur sur 360° il a fallu modifier ce dernier pour le transformer en un moteur CC (voir chapitre "servo")

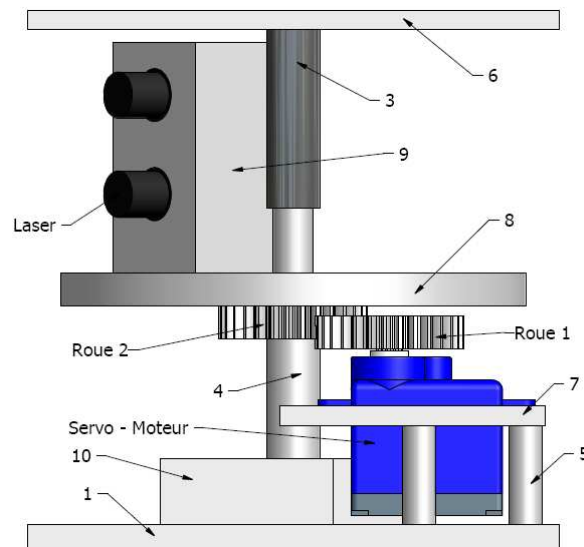
Pour le faire tourner il faut lui envoyer un signal PWM à largeur d'impulsion variable mais à fréquence fixe (voir chapitre "Servo"). Une sortie d'un microcontrôleur (situé sur le robot) doit donc être prévu pour générer ce signal.

Programme

Voir section "Servomoteur"

Mécanique

La mécanique a été un point très difficile à réaliser étant donné l'encombrement donné par le cube de 8 cm d'arrête à disposition. En plus de cela, il a fallu concevoir un système avec lequel aucun obstacle physique ne venait interrompre les faisceaux lasers. Pour finir, il fallait que le haut de cette balise rotative reste fixe et donc ne tourne pas avec les deux lasers.



La roue dentée 1 est entraînée par le servo moteur, celle-ci fait alors tourner la roue dentée 2. Cette dernière est fixée à la pièce 8 grâce à trois vis. La pièce 8 fait alors tourner la pièce 9 contenant les deux modules lasers miniatures. A noter que la pièce 8 est fixée sur la pièce 4 grâce à un roulement à billes.

Au final, les 2 lasers tournent sur 360° sans que la pièce 6 (destinée à accueillir la balise embarquée adverse) ne tourne.

Remarques

On utilise deux lasers car si l'équipe adverse utilise le même principe, il est alors possible de déterminer s'il s'agit de nos lasers ou celui de la balise adverse. On aurait très bien pu utiliser un laser projetant une ligne verticale, mais vu les dimensions réduites à disposition pour le laser, il n'a pas été possible de trouver un module laser "en ligne" assez petit.

Il faut que le toit du robot où se situe la balise rotative soit parfaitement plat sinon les lasers ne seront pas parallèles au sol et donc ne toucheront pas la rangée de photodiodes située sur chacune des balises fixes.

Améliorations à apporter

Pour que la tourelle tourne à une vitesse constante. Il faudrait :

- Implanter le moteur à courant continu choisi dans la rubrique "Régulation de Vitesse de la Balise Rotative"
- Réaliser le schéma de régulation de vitesse en développant la carte électronique correspondante.
- Réaliser le programme PID permettant d'effectuer cette régulation.

5.5.2. Carte Réception Laser de la Balise Rotative

Description générale :

Cette carte permet de réceptionner le ou les faisceaux laser émis par les deux lasers situés sur la Balise Rotative. Le but est de déterminer si on reçoit bien les deux lasers. Si tel est le cas on activera alors une sortie pendant un court laps de temps afin d'indiquer qu'on a bien reçu les faisceaux lasers.

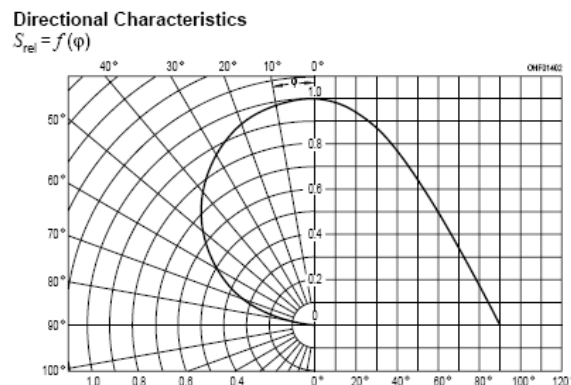
Emplacements

Fixées sur chacune des 3 balises fixes, ces cartes doivent être positionnées de telle façon qu'elles soient directement touchées par les lasers.

Choix des Eléments spécifiques

Capteurs : Afin de capter les lasers, des photodiodes **BPW34** de la maison Osram ont été choisies pour les raisons suivantes :

- Les photodiodes ont été privilégiées du fait qu'elles possèdent un temps de montée et de descente beaucoup plus faible (~ 20 ns) que celui de phototransistors (~ 20 μ s). Avec les photodiodes, on aura donc des fronts beaucoup plus francs ainsi, on pourrait éventuellement faire tourner la Balise Rotative plus rapidement.
- Du fait de leur très grande surface sensible (7mm^2), les photodiodes BPW34 sont idéales dans ce cas (pour la création d'une longue zone photosensible).
- Relativement bon marché (2 CHF / pce), mais cela devient élevé lorsqu'on a besoin de 20 pièces.
- Elles peuvent capter la lumière sur un angle de $>120^\circ$. Ce dernier est encore accru lors de l'utilisation de laser (du fait de la densité lumineuse élevée du faisceau).

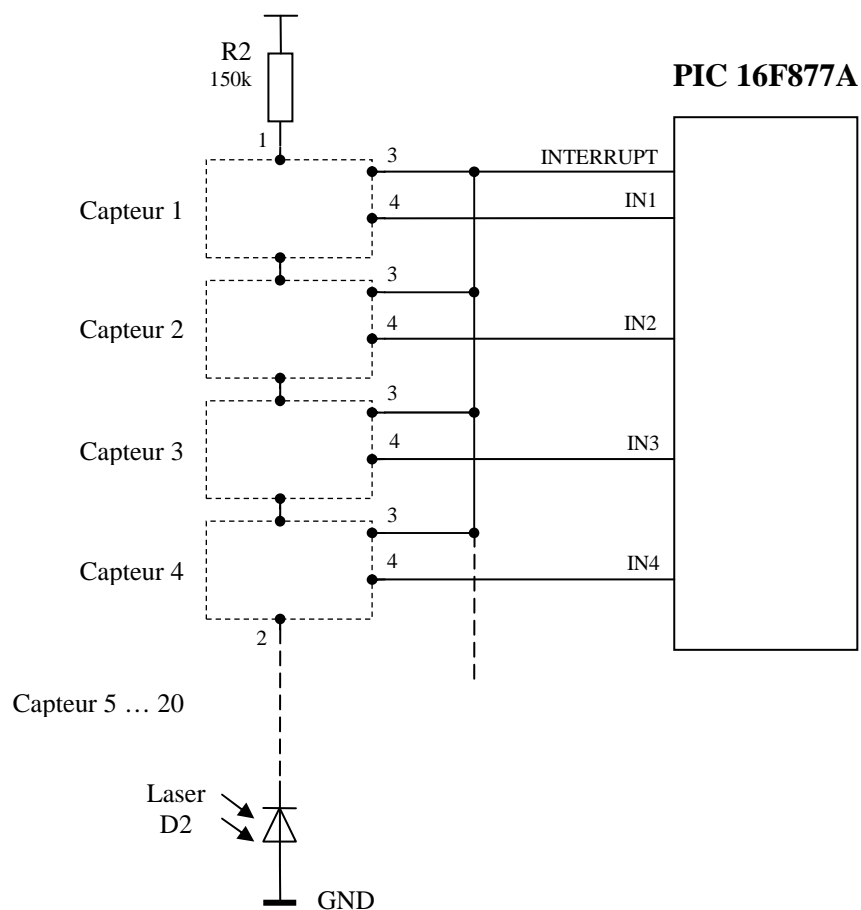


- Ces photodiodes sont à la base prévues pour capter de l'infrarouge, mais les BPW34 permettent de capter un faisceau laser étant donné qu'elles ne possèdent pas de filtre. Avec un faisceau laser de longueur d'onde de 650nm, on obtient une sensibilité de 60% par rapport à la sensibilité maximum (à 850nm). Cette sensibilité est largement suffisante du fait de la densité lumineuse élevée du faisceau.

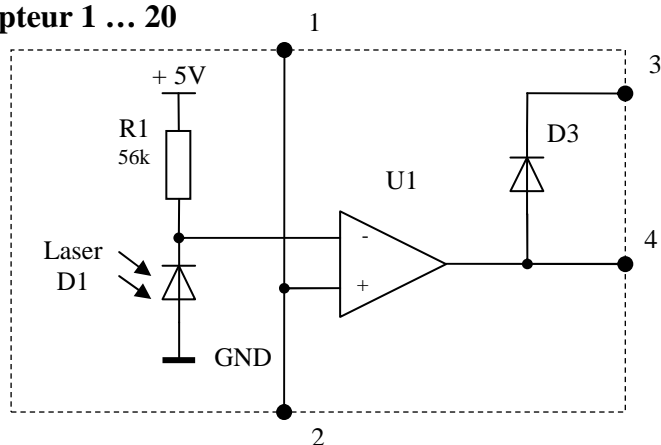
Autre Du fait de l'encombrement réduit le choix s'est porté sur des éléments "concentrés" comme des réseaux de résistances ou de condensateurs. Les comparateurs sont LM 3302N standards possédant 4 comparateurs par circuit. Des éléments standard ont été privilégiés par rapport à des éléments SMD car ces derniers sont plutôt rares au sein de l'école.

PIC Voir section "PIC"

Schéma de Principe



Capteur 1 ... 20

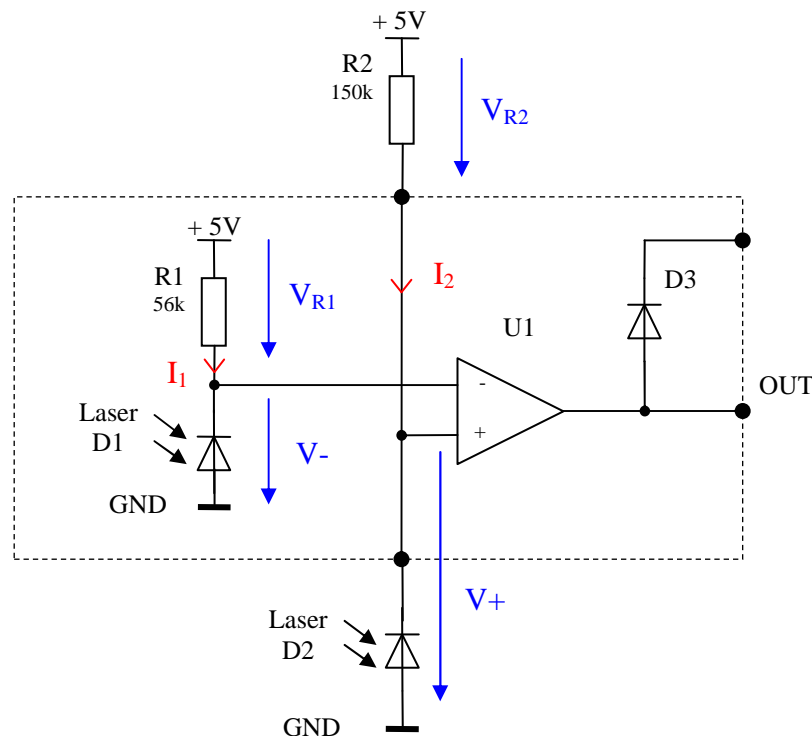


Electronique

En se référant au schéma de la page précédente on peut voir qu'on possède 20 "Capteurs". Chacun d'entre eux est totalement identique et possède, une photodiode, une résistance, un comparateur et une diode.

On peut constater que le signal obtenu sur la photodiode D2 circule à travers tous les capteurs. Celui-ci est utilisé pour soustraire tous les parasites IR des signaux lasers. Etant donné que la résistance R2 est plus grande que la résistance R1 la photodiode D2 sera la plus sensible avec une intensité lumineuse égale.

Exemple : Prenons le cas d'une perturbation IR. Etant donné que les IR ne sont pas directifs, l'intensité lumineuse sera la même sur toutes les photodiodes et donc le courant fournit par chaque photodiode sera identique :



Admettons que le courant fournit par les deux photodiodes ci-dessus vaut : $25 \mu\text{A}$

$$V_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 56 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 1.4 \text{ V}$$

$$V_{R2} = R_2 \cdot I_2 = 150 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 3.75 \text{ V} \quad \rightarrow \quad V_- > V_+ \quad \rightarrow \quad \text{OUT} = 0 \text{ V}$$

$$V_- = 5 - V_{R1} = 5 - 1.4 = 3.6 \text{ V}$$

$$V_+ = 5 - V_{R2} = 5 - 3.75 = 1.25 \text{ V}$$

Si on est dans le cas de lasers la lumière est cette fois-ci très directive et ne va donc toucher qu'une ou deux photodiodes maximum. Si on reprend l'exemple de la page précédente, seul la photodiode D1 va fournir du courant :

$$I_1 = 25 \mu\text{A}$$

$$I_2 = 20 \text{ nA (Dark Current + Lumière Ambiante)}$$

$$V_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 56 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 1.4 \text{ V}$$

$$\rightarrow V_- < V_+ \rightarrow \text{OUT} = 5 \text{ V}$$

$$V_{R2} = R_2 \cdot I_2 = 150 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-9} = 0.003 \text{ V}$$

$$V_- = 5 - V_{R1} = 5 - 1.4 = 3.6 \text{ V}$$

$$V_+ = 5 - V_{R2} = 5 - 0.003 = 4.997 \text{ V}$$

La diode D3 permet de réaliser une fonction OU entre chaque capteur. Etant donné que le PIC n'a que peu de sources externes d'interruptions, la sortie de cette fonction OU vient brancher sur la Pin RB0 permettant de créer une interruption programme.

Chaque capteur vient brancher directement sur une entrée "normale" du PIC.

Sur la carte électronique, les photodiodes sont montées en ligne verticale. Cette ligne permet de compenser des petites différences qui pourraient survenir si le toit du robot n'est pas totalement plat.

Programme PIC

Nom de projet: Rec_laser_C
Nom: Réception Laser de la Balise rotative
Date de création:..... 16.05.2006
Version: 1.1
Circuit: Carte : Réception Laser de la Balise Rotative
Auteur: Sébastien Gay
Langage de programmation:..... CCs C (PICC)
PIC :..... 16F877A
Oscillateur :..... 20 Mhz

Ce programme permet de détecter si on a reçu le signal laser provenant de la Balise Rotative.
 On vérifie si on capte bien les 2 faisceaux lasers. Si c'est le cas, on activera la sortie B5 pendant 10 ms.
 De plus on vérifie qu'on ne reçoit pas de laser type "ligne

Variables utilisées

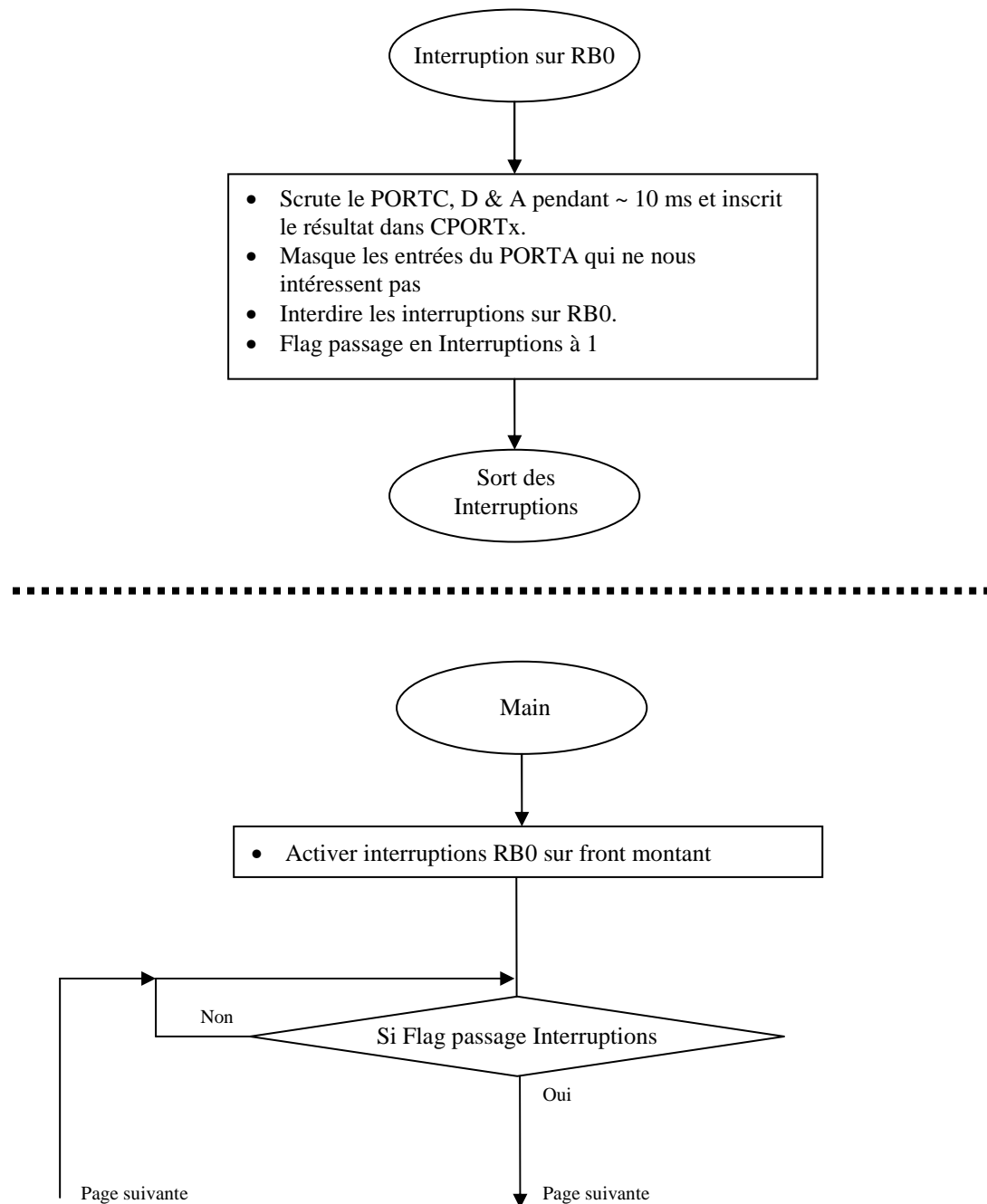
```

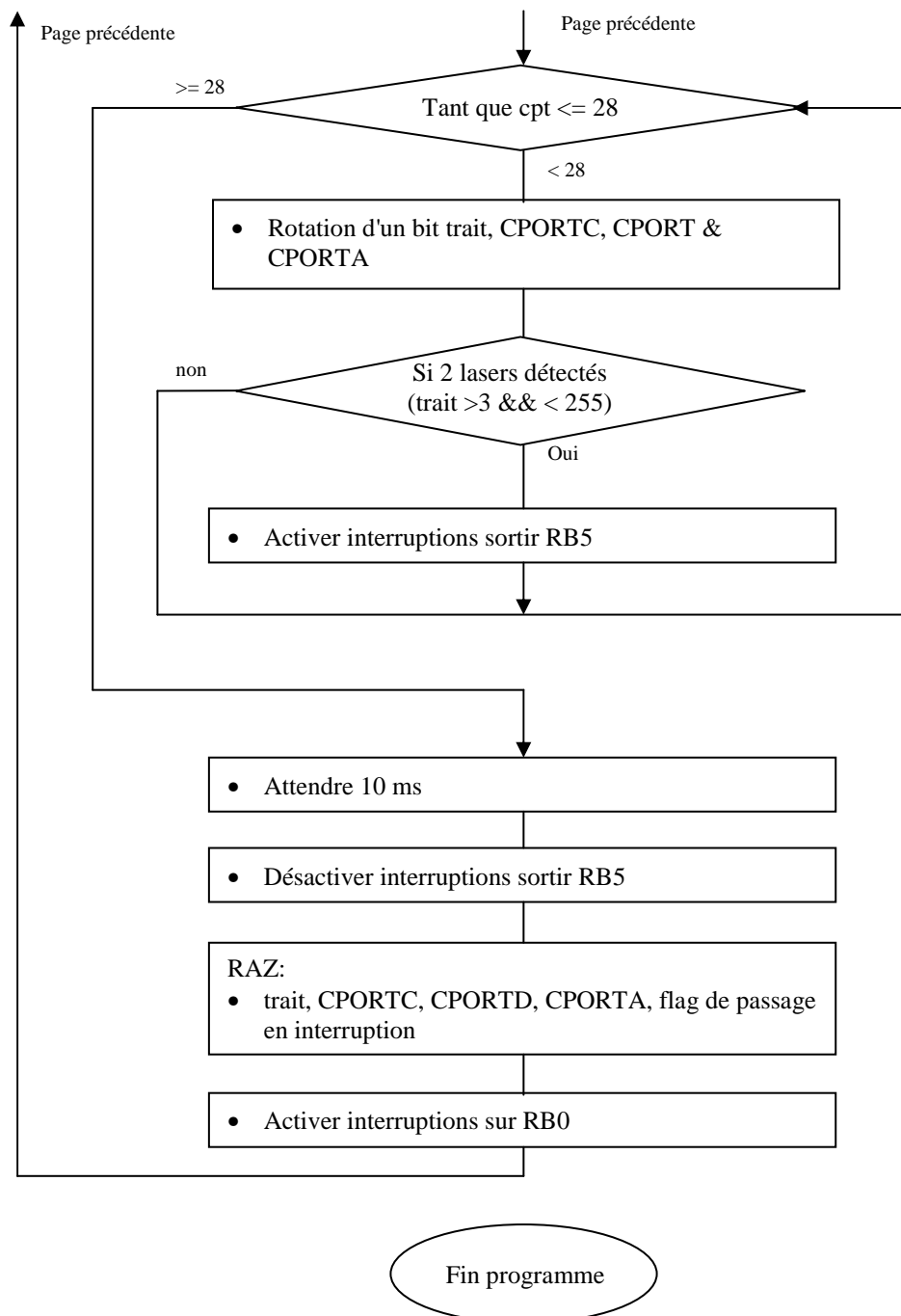
int    flag,           // Flag de passage en interruption
        trait,          // Utilisé pour la rotation biti a bit à droite
        CPORTC,         // Image du PORTC
        CPORTD,         // Image du PORTD
        CPORTA;         // Image du PORTA
        cpt,            // Compteur de boucle
        flag2;          // Lasers détectés

int16  cpt1;           // Compteur utilisé pour scruté l'état des photodiodes pendant ~10ms
  
```

A noter que les variables "trait, CPORTC, CPORTD et CPORTA" sont dans des emplacements mémoires qui se suivent afin de pouvoir effectuer une rotation bit à bit.

Diagramme simplifié du fonctionnement du programme





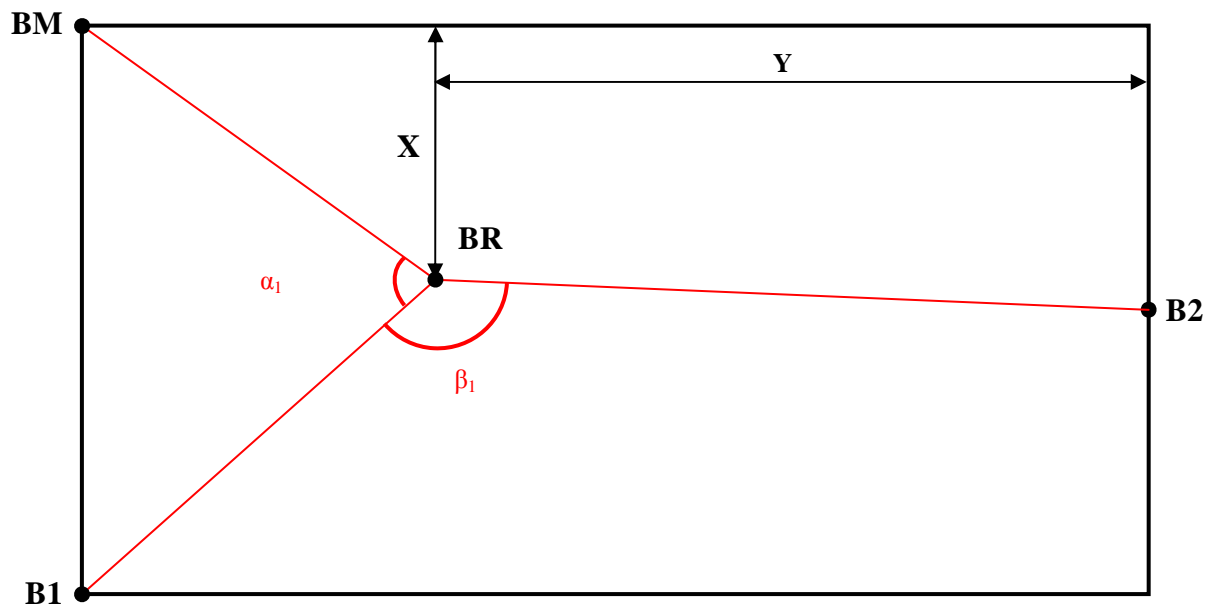
Améliorations

Cette carte fonctionne parfaitement aucune amélioration n'est nécessaire tant au niveau du programme que de l'électronique

5.5.3. Carte de Triangulation

Description Générale

Cette carte est dédiée principalement au calcul de triangulation. Elle reçoit, sur trois entrées différentes, les signaux provenant des 3 cartes "Réception Laser de la Balise Rotative" disposés sur les balises fixes. En fonction du temps qui sépare l'arrivée des ces trois signaux et de la vitesse de rotation de la Balise Rotative, on peut alors déterminer les 2 angles suivants :



Avec ces deux angles et un calcul de triangulation (voir "Calcul de Triangulation"), il est possible de déterminer la position du mobile. Une fois calculée, celle-ci est transmise à la carte "Emission Réception HF" grâce à une liaison série en niveau de tension 5V (TTL).

De plus cette carte permet de gérer les éléments de la face avant : l'afficheur LCD, les 4 leds BM, B1, B2 et OK. On a disposition 2 commutateurs branchés sur 2 entrées pouvant être librement utilisés dans le programme du PIC.

A noter que pour ce calcul de triangulation il faut un PIC relativement puissant. C'est pourquoi le choix s'est porté sur un 18F452 permettant l'utilisation de plus de variables et ayant une mémoire plus importante qu'un pic de la gamme 16FXXX.

Emplacement

Cette carte se trouve dans la Balise Mère

Programme PIC

Nom de projet: Triangulation_3_0
Nom: Triangulation 3.0
Date de création: 01.09.06
Version: 3.0
Circuit: Carte : Triangulation
Auteur: Sébastien Gay
Langage de programmation: CCs C (PICC)
PIC : 18F452
Oscillateur : 20 Mhz

Permet de calculer la position du robot par rapport aux 2 angles Alpha1 et Beta1. Ils sont mesurés par rapport au temps séparant la Balise Mère de la Balise 2 (angle Alpha1) et la balise 1 de la 2 (angle Beta1). On les transforme en radians grâce à un rapport calculé 1 radiant correspondant à 1 incrément compteur. Si par hasard, le laser n'est pas détecté lors d'un passage sur une balise, il faut naturellement recommencer la mesure des deux angles depuis le début. Grâce au timer0 le flag est remis à 0 toutes les secondes (tours) pour éviter que la mesure soit faussée. Le byte debTM est utilisé pour compté une seconde, il est incrémenté toutes les 13ms (débordement de TMR0).

Variables Globales utilisées

float	alpha1,	// Alpha1 en radian
	beta1,	// Beta1 en radian
	dstX,	// Distance X en cm
	dstY,	// Distance Y en cm
	vitesse;	// Vitesse de rotation (1/V) en s/tour
int	flag,	
	debTM,	// Incréments à chaque débordement du Timer0
	debTM1,	// Incréments à chaque débordement du Timer1
	flag2;	// Utiliser pour indiquer que la Balise Mère à été touchée
		// ==> Calcul de la vitesse de rotation
int16	tmp1;	// Utiliser pour récupérer la valeur du Timer1
int32	imp_beta1,	// Impulsions du TMR1 comptés pour l'angle beta1
	imp_alpha1,	// Impulsions du TMR1 comptés pour l'angle alpha1
	imp_vit;	// Impulsions du TMR1 comptés pour 1/v la BR
		// flag = 0 ==> Etat initial aucune balise touché ou balise ratée
		// flag = 1 ==> Balise mère touchée
		// flag = 2 ==> Balise 1 & mère touchée ==> Alpha1 OK !
		// flag = 3 ==> Balise 1, 2 & mère touchée ==> Alpha1 et Beta1 OK
		// ==> Calcul de triangulation
		// flag = 5 ==> Calcul effectué

Variables "Main" utilisées

```
float   Gamma1, phi1, a1, a2, tmp2;    // Utilisés pour le calcul de triangulation
int16   dstX_int,                      // Distance X en entier
          dstY_int;                     // Distance Y en entier
```

Conversion du temps en radians en tenant compte de la vitesse de rotation de la Balise Rotative

Afin de convertir le temps en radian on applique la règle de trois suivantes :

On sait que 1 Tour $\Rightarrow 2\pi$

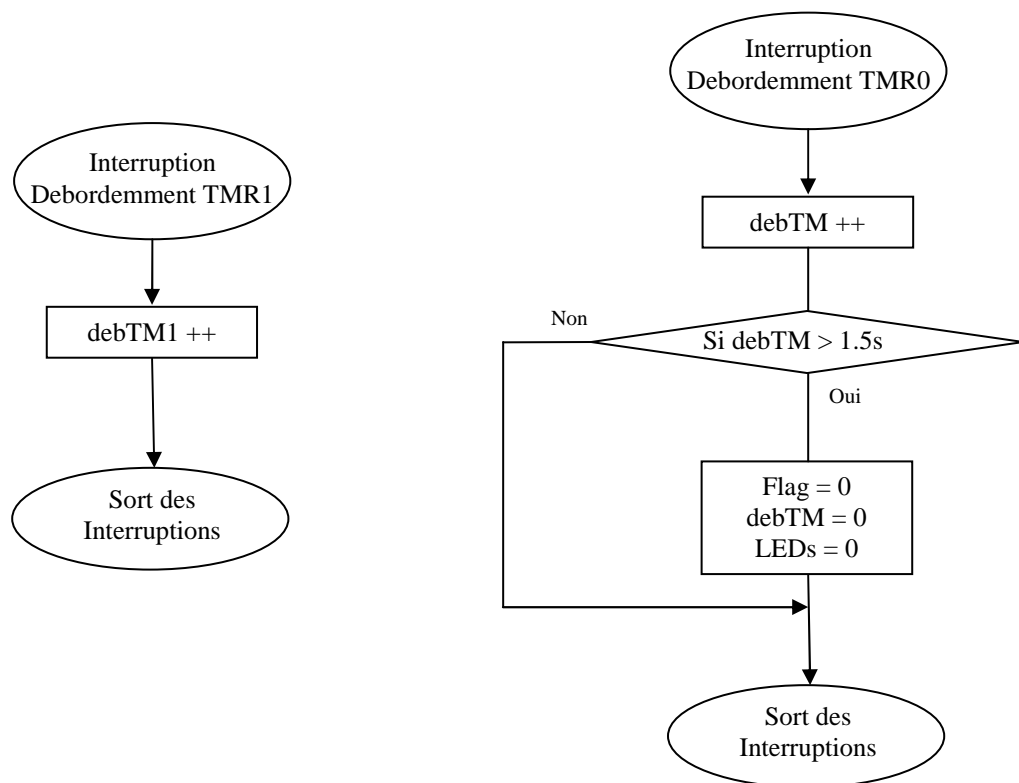
$$\begin{aligned} t_s &\Rightarrow 2\pi \\ x_s &\Rightarrow \text{angle} \end{aligned}$$

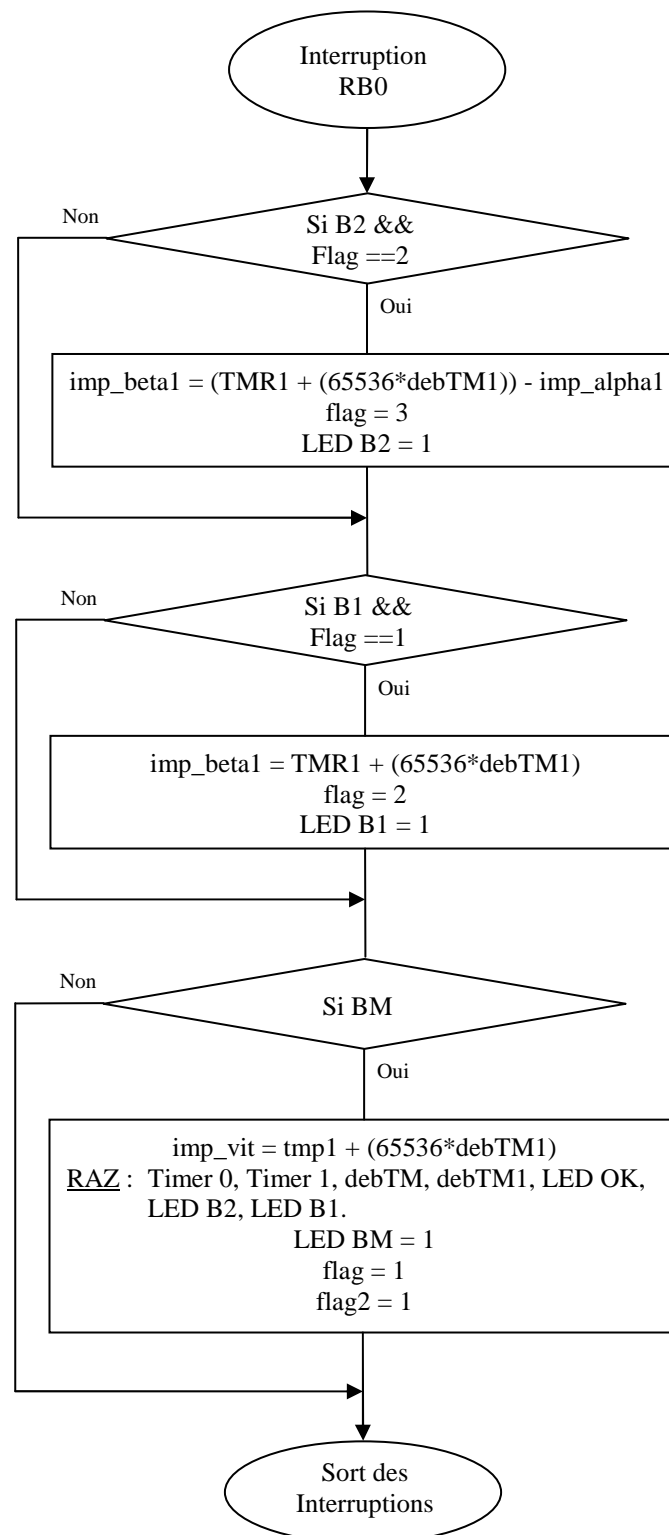
x_s = temps correspondant pour l'angle recherché
 t_s = temps mesuré pour 1 tour de la balise rotative

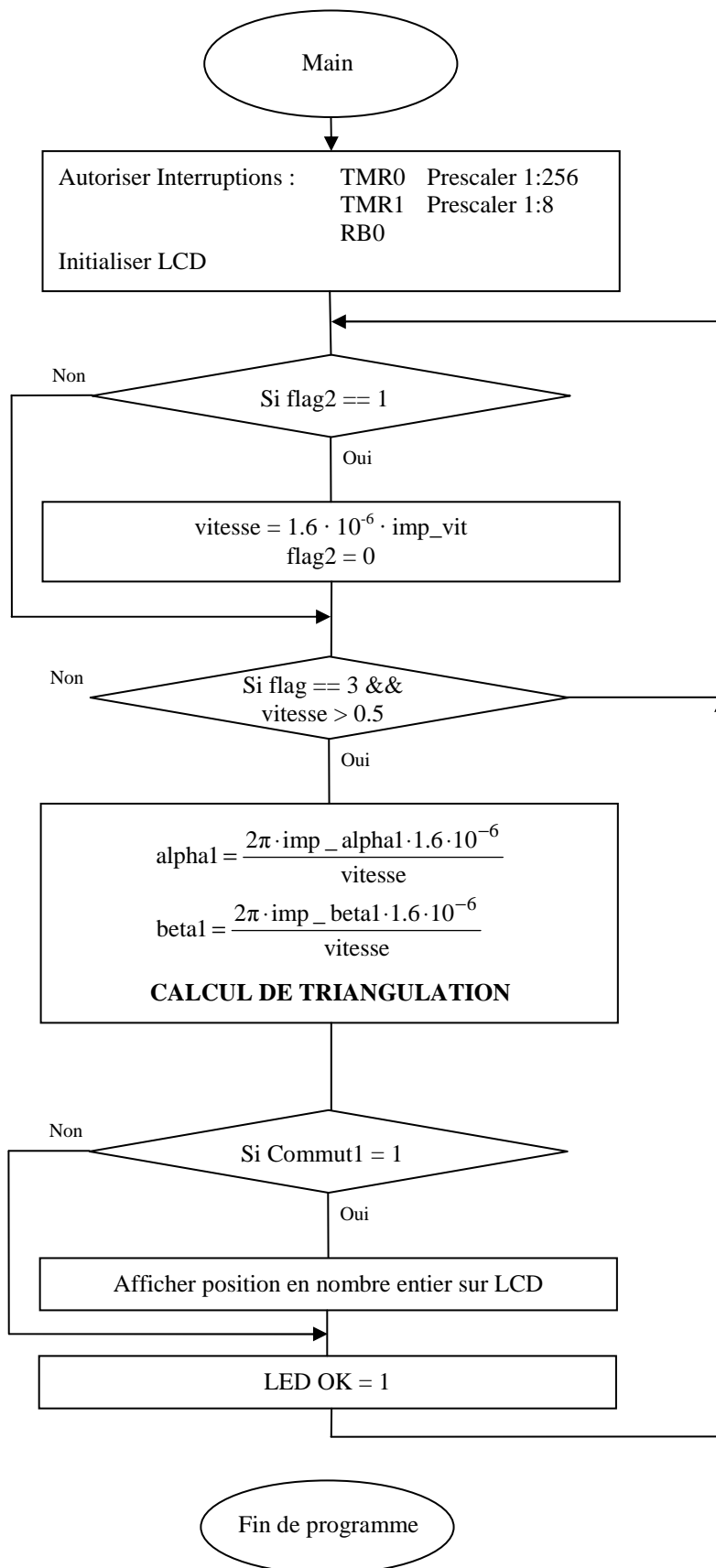
Si on applique la règle de trois on obtient l'angle recherché en radians :

$$\text{angle} = \frac{x_s \cdot 2\pi}{t_s}$$

Diagramme simplifié du fonctionnement du programme







5.5.4. Carte Emission Réception HF

Description Générale

La carte Emission – Réception HF permet de transmettre la position donnée par la carte "Triangulation" au robot par ondes radio. Pour recevoir les informations, elle possède un port série niveau 5 V (TTL) ou un port série standard niveau +/- 12 V. Etant donné que le PIC possède un port série TTL on utilisera donc le port série TTL.

Emplacement

On possède deux cartes : une positionnée dans la Balise Mère et l'autre sur le Robot.

Choix d'un module HF

Après plusieurs recherches chez des fournisseurs Suisses et étrangers, le choix s'est porté sur un Module Radiometrix : SPM2 – 433 – 28. Ce dernier est de type "modem" c'est-à-dire qu'il peut émettre et recevoir des données. Il permet d'établir une liaison série complètement transparente. Le choix s'est porté sur ce modem pour les raisons suivantes :

Contrôle d'erreur intégré : Lors de la transmission de données d'un module à l'autre chaque paquet radio est systématiquement retourné au module émetteur afin de vérifier s'il y a pu avoir des interférences. Si le paquet renvoyé est erroné celui-ci est renvoyé au module récepteur puis il le transmet plusieurs fois (paramétrable) jusqu'à ce que le paquet soit accepté. Ceci permet d'avoir un haut niveau de sécurité élevé.

Aucun développement logiciel : Sur certains modèles de modules HF il est nécessaire de développer un programme spécifique pour effectuer un contrôle d'erreur. Ceci n'est pas le cas pour ce module.

Débit élevé : Ce module possède un débit élevé de l'ordre de 28 Kbps max. avec la correction d'erreur activée.

Simplicité d'utilisation : Aucune connaissance spécifique radio nécessaire :

Communications multipoints : Dans le cadre d'une autre application il serait possible de communiquer avec plus de deux modules.

Qualité Supérieur : la maison Radimetrix fabrique ce genre de modules depuis plus de 17 ans. Il s'agit de l'un des grands leaders dans ce domaine.

Alimentation : Ils s'alimentent en 5V ce qui est presque indispensable puisque c'est la seule tension à disposition dans les balises fixes.

Portée : On peut transmettre le signal jusqu'à une distance de 50 mètres en intérieur. C'est largement suffisant considérant les dimensions de la surface de jeu

Diagnostic : Un logiciel libre en téléchargement sur Internet est fourni pour de tester la connexion. Cela permet de savoir si beaucoup de paquets doivent être réémis. (Logiciel fournit sur le CD-ROM en annexe, sur le site de Radiometrix ou sur le site de Lextronic.)

Documentation : Le fournisseur français (Lextronic) a traduit la documentation anglaise en français ce qui améliore grandement la compréhension. (Toute la documentation est fournie en annexe)

Dimensions : De part sa petite taille, il est parfaitement adapté à cette application.

Prix : Les avantages qu'offrent ce module le prix est relativement bas par rapport à la concurrence (~ 80 CHF)

Remarque

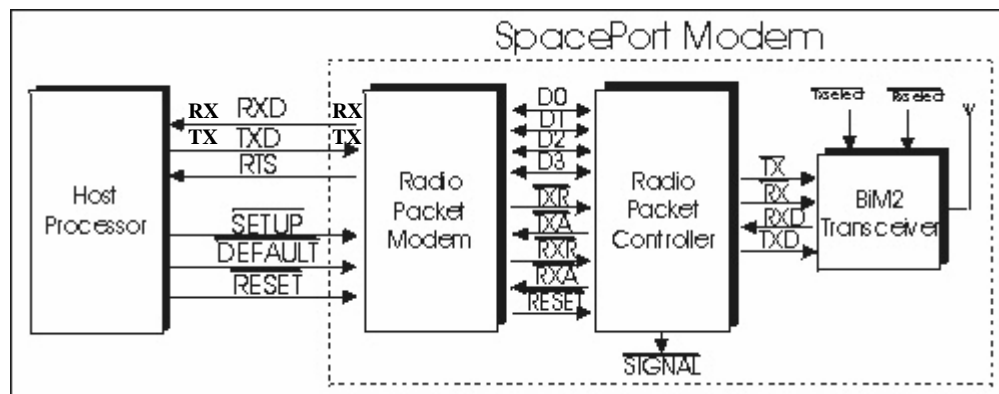
A noter qu'il n'aurait pas été possible de relier la Balise 2 à la balise Mère par liaison HF étant donné les temps de communications variables.

Le schéma est fourni par le constructeur. On a juste rajouté trois jumpeurs permettant de sélectionner le port série niveau TTL ou le port série conventionnel.

Pour sélectionner le port série TTL positionner les Jumpeurs de la borne une à la borne 2. Pour le port série conventionnel placez les de la borne 2 à la borne 3.

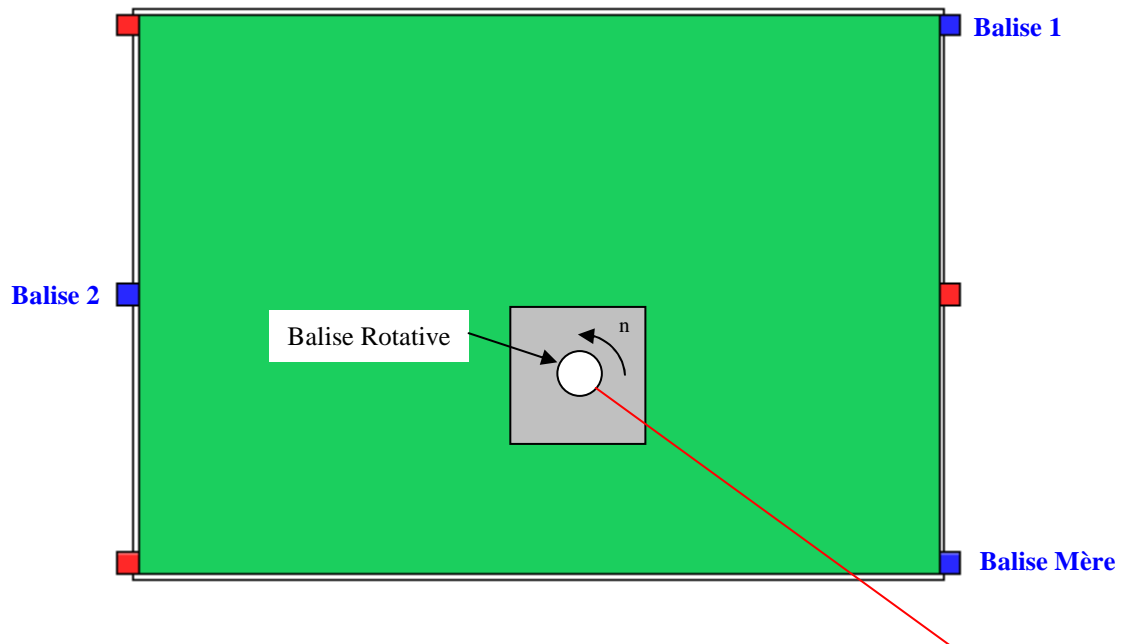


Sur les SPM2 – 433 – 28 il ne faut pas croiser le RX et le TX lors de la connexion du port série entre le modem et le récepteur (PIC, PC ...)

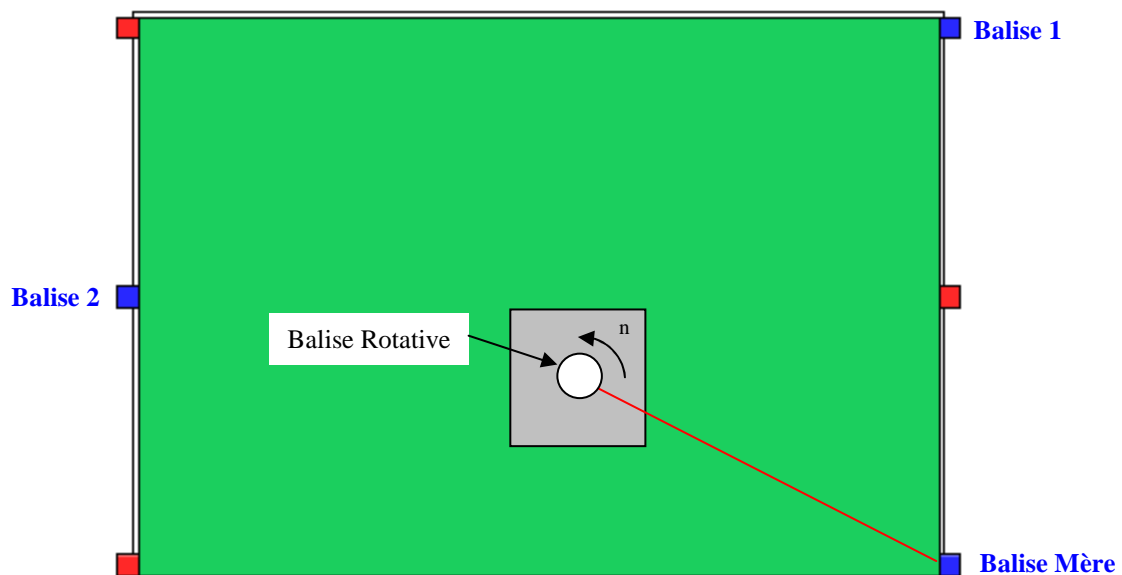


5.6. DESCRIPTION D'UN CYCLE DE "ROTATION" SIMPLIFIE

5.6.1. Etat initial :

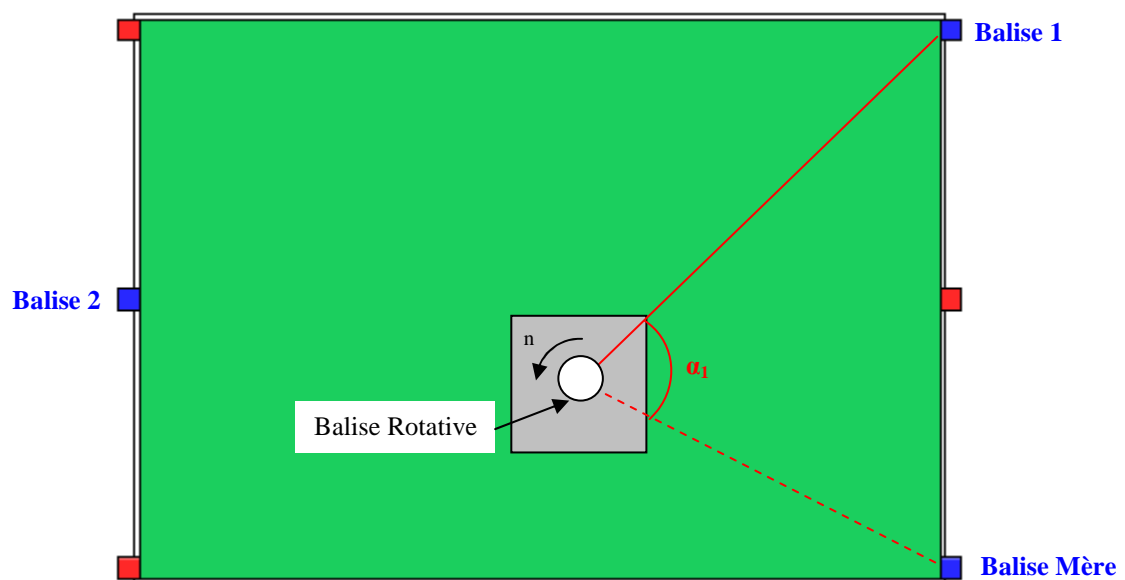


5.6.2. Laser sur Balise Mère



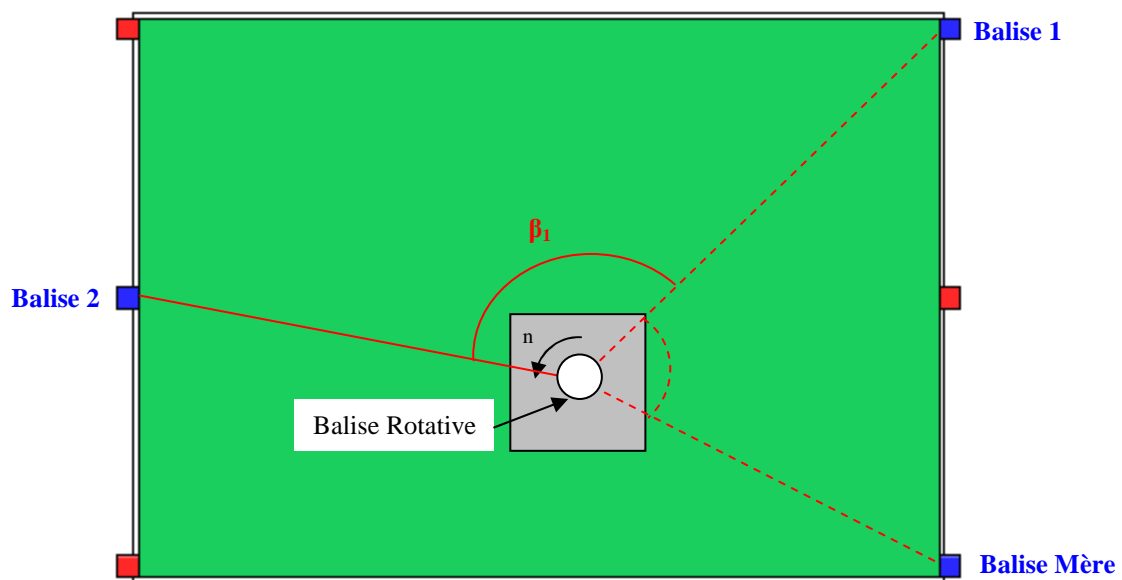
Les deux faisceaux lasers touchent la rangée de photodiodes de la Balise Mère, on détecte les deux lasers. Le signal est transmis à la carte de triangulation. On calcule la vitesse de rotation de la balise rotative, on désactive les LEDS : B1, B2, OK et on active la LED BM.

5.6.3. Laser sur Balise 1



Les deux faisceaux lasers touchent la rangée photodiodes de la Balise 1, on détecte les deux lasers. Le signal est transmis via le câble plat reliant la Balise 1 à La Balise Mère à la carte de triangulation. On calcule l'angle α_1 et on active la LED B1

5.6.4. Laser sur Balise 2



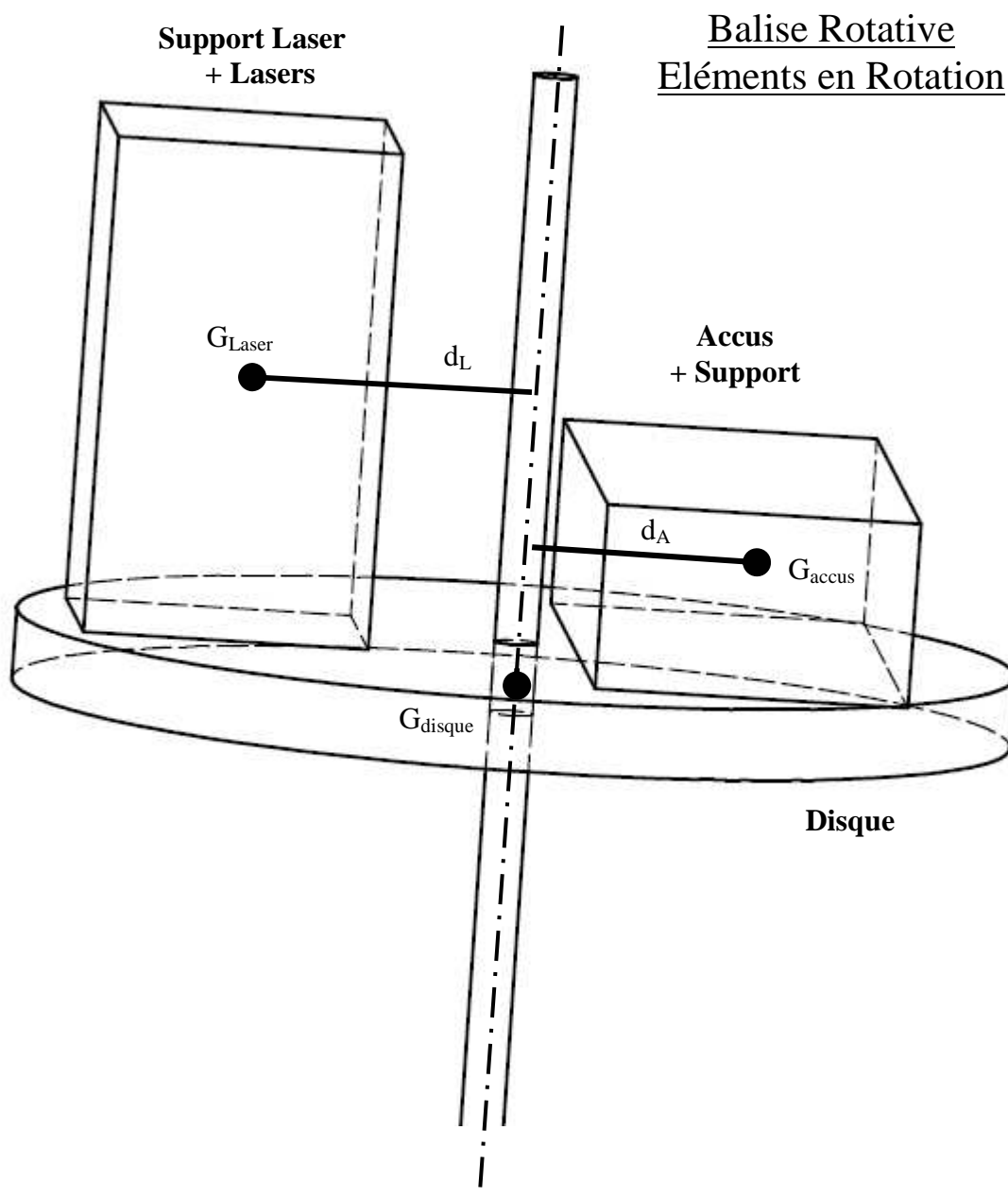
Les deux faisceaux lasers touchent la rangée photodiode de la Balise 2, on détecte les deux lasers. Le signal est transmis par le câble ou le laser (suivant la configuration) reliant la Balise 2 à la balise 1. Il est ensuite transmis par le câble plat reliant la Balise 1 à La Balise Mère à la carte de triangulation. On calcule l'angle β_1 , et on active la LED B1.

On effectue le calcul de triangulation et on l'envoie au robot. Si le commutateur 1 est en position ON, on affiche la position sur le LCD.

On reprend ensuite au point 2. et ainsi de suite...

5.7. REGULATION DE VITESSE DE LA BALISE ROTATIVE

5.7.1. Calcul de l'inertie des objets en rotation



Accélération maximale :

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{6.28}{0.5} = 15.57 \text{ rad/s}^2$$

Disque

$$r_{\text{disque}} = 35 \text{ mm} = 0.035 \text{ m} \quad \gamma_{\text{disque}} = \gamma_{\text{alu}} = 2.7 \text{ kg/dm}^3 \quad h_{\text{disque}} = 6 \text{ mm} = 0.006 \text{ m}$$

$$m_{\text{disque}} = \pi \cdot r_{\text{disque}}^2 \cdot h_{\text{disque}} \cdot \gamma_{\text{alu}} \\ = \pi \cdot 0.035^2 \cdot 0.006 \cdot 2.7 = 62.3 \text{ g}$$

$$J_{\text{disque}} = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{disque}} \cdot r_{\text{disque}}^2 \\ = \frac{1}{2} \cdot 0.0623 \cdot 0.035^2 = 38.16 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Support Laser + Lasers

$m_{\text{laser}} = 50 \text{ g}$ (Masse Lasers + Support) Pesé avec une balance de précision

$$d_L = 21 \text{ mm}$$

$$J_{\text{laser}} = m_{\text{laser}} \cdot d_L^2 = 0.05 \cdot 0.021^2 = 22.05 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Accus + Support

$m_{\text{accus}} = 35 \text{ g}$ (Masse Lasers + Support) Pesé avec une balance de précision

$$d_A = 15 \text{ mm}$$

$$J_{\text{accus}} = m_{\text{accus}} \cdot d_A^2 = 0.035 \cdot 0.015^2 = 7.875 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moteur CC

$$J_{\text{moteur}} \cong 0.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 = 0.3 \cdot 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \rightarrow \text{Négligeable}$$

Total

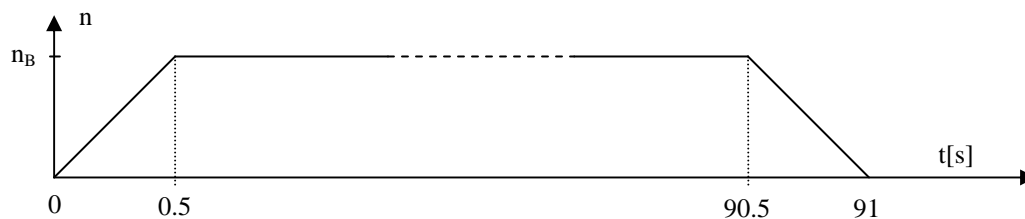
$$\begin{aligned} J_{\text{tot}} &= J_{\text{disque}} + J_{\text{laser}} + J_{\text{accus}} = 38.16 \cdot 10^{-6} + 22.05 \cdot 10^{-6} + 7.875 \cdot 10^{-6} \\ &= \underline{68.09 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{mot}} &= J_{\text{tot}} \cdot \alpha \\ &= 68.09 \cdot 10^{-6} \cdot 12.57 = \underline{0.9 \text{ mNm}} \end{aligned}$$

5.7.2. Choix du moteur, réducteur et codeur

Tous ces calculs sont donnés par la maison "Maxon Motor" Disponible en page 40 du programme 05/06.

Le moteur de la Balise Rotative doit effectuer le diagramme de temps suivant :



L'inertie de la masse à déplacer J_L est de $68 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Le couple de frottement est de 0.175 mNm. L'alimentation fournit un courant maximal de 1 A sous 12 V.

Calcul des données de la charge

Le couple nécessaire pour l'accélération et le freinage se calcule comme suit (en négligeant l'inertie du moteur et celle du réducteur).

$$\alpha_{\max} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \cdot \frac{\pi}{30} = \frac{60}{0.5} \cdot \frac{\pi}{30} = 12.57 \text{ rad/s}^2$$

$$M_{\alpha} = J_L \cdot \alpha_{\max} = 68.09 \cdot 10^{-6} \cdot 12.57 = 0.856 \text{ mNm}$$

Couple de frottement mesuré à l'aide d'un dynamomètre

$$\begin{array}{l} 5 \text{ mN} \quad \text{à} \quad 35 \text{ mm} \\ 0.175 \text{ mN} \quad \text{à} \quad 1000 \text{ mm} \end{array} \Rightarrow M_R = 0.175 \text{ mNm}$$

En tenant compte du couple de frottement, les couples suivants sont mis en oeuvre pour les diverses phases du mouvement:

- Accélération $M_A = M_R + M_{\alpha} = 0.856 + 0.175 = 1.031 \text{ mNm}$
- Vitesse constante $M_C = M_R = 0.175 \text{ mNm}$
- Décélération $M_D = M_R + M_{\alpha} = 0.856 - 0.175 = 0.681 \text{ mNm}$

Le couple de pointe doit être produit lors de l'accélération. Le couple effectif (RMS) applicable à l'ensemble du cycle de travail est alors de:

$$\begin{aligned} M_{\text{RMS}} &= \sqrt{\frac{1}{t_{\text{tot}}} \cdot (t_A \cdot M_A^2 + t_C \cdot M_C^2 + t_D \cdot M_D^2)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{91} \cdot \left[0.5 \cdot (1.031 \cdot 10^{-3})^2 + 90 \cdot (0.175 \cdot 10^{-3})^2 + 0.5 \cdot (0.681 \cdot 10^{-3})^2 \right]} = 0.196 \text{ mNm} \end{aligned}$$

Si un jour on souhaite pouvoir adapter la vitesse de la Balise Rotative entre (1 et 5 t/s). On aura donc une vitesse maximale de 300 tr / min interviennent en fin de la phase d'accélération lorsque le couple est maximum (1.031 mNm).

La puissance mécanique de pointe prend ainsi la valeur suivante:

$$P_{\max} = P_A = M_A \cdot n_{\max} \cdot \frac{\pi}{30} \cong 1.031 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot \frac{\pi}{30} = 32.5 \text{ mW}$$

Sélection d'un réducteur

On cherche un réducteur pour un couple permanent d'au moins 0.196 mNm et un couple intermittent d'au moins 1.031 mNm. Ces exigences peuvent être satisfaites par exemple à l'aide d'un réducteur planétaire d'un diamètre de 14 mm (en version métallique).

La vitesse maximale d'entrée est de 8000 tr / min.

$$n_{b\max} = 5 \text{ t/s} = 300 \text{ t/min}$$

$$i_{\max} = \frac{n_{\max,G}}{n_{b\max}} = \frac{8000}{300} = 26.7 : 1$$

$$\Rightarrow i = 17 : 1$$

$$\Rightarrow N^{\circ} \text{d'article 110 314}$$

Choisissons un réducteur planétaire, avec le rapport de réduction immédiatement inférieur 17: 1 (programme stock). Le rendement maximum est de 83 %.

Choix du type de moteur

La vitesse et le couple au niveau de l'arbre du moteur doivent être recalculés.

$$n_{\text{mot}} = i \cdot n_B = 17 \cdot 300 = 5100 \text{ t/min}$$

$$M_{\text{mot,RMS}} = \frac{M_{\text{RMS}}}{i \cdot \eta_G} = \frac{0.196 \cdot 10^{-3}}{17 \cdot 0.83} = 13.89 \text{ } \mu\text{Nm} = 0.013 \text{ mNm}$$

$$M_{\text{mot,max}} = \frac{M_{\max}}{i \cdot \eta_G} = \frac{1.031 \cdot 10^{-3}}{17 \cdot 0.83} = 71.9 \text{ } \mu\text{Nm} = 0.0712 \text{ mNm}$$

En fonction des résultats ci-dessus, le choix se porte sur un RE 13, 2W, 15V qui dispose d'un couple plus que suffisant.

Le moteur doit avoir une réserve de couple pour fonctionner même dans les cas de rendement défavorables du réducteur. Le besoin de couple lors de l'accélération peut être satisfaite sans problème par ce moteur.

Le couple intermittent de pointe n'atteignant même pas le double du couple permanent max du moteur, celui-ci convient parfaitement.

Choix du bobinage

Le moteur de type RE 13, 2W, 15V possède une pente de la courbe vitesse / couple d'environ 1320 tr / min / mNm. Il faut toutefois noter que les deux bobinages de faible résistance ont une courbe de pente plus raide. La vitesse à vide se calcule ainsi:

$$n_{0\text{theor}} = n_{\text{mot}} + \frac{\Delta n}{\Delta M} \cdot M_A = 5100 + 1320 \cdot 71.9 \cdot 10^{-6} = 5194 \text{ tr / min}$$

Dans le calcul, il faut tenir compte du point de fonctionnement extrême (vitesse maximale et couple maximum), car la courbe de vitesse doit surpasser tous les points de fonctionnement dans le diagramme vitesse - couple. La vitesse à vide désirée doit être atteinte avec la tension imposée par la commande: $U = 11.3$ volts (Chute de tension dans l'étage final 0.7 V, donné par la datasheet du L6207). Ceci détermine la constante de vitesse minimale $k_{n,\text{théor}}$ du moteur.

$$k_{n,\text{theor min}} = \frac{n_{0\text{theor}}}{U} = \frac{5194}{11.3} = 459,7 \frac{\text{tr / min}}{\text{V}}$$

Le résultat du calcul incite à choisir le moteur 118 520 dont le bobinage correspond à la constante de vitesse immédiatement supérieure (486 tr / min / V), avec un second bout d'arbre pour monter le codeur. Le choix du bobinage avec une constante de vitesse supérieure à la valeur désirée signifie que le moteur sous 12 V tourne plus vite que nécessaire ce qui sera compensé par la servocommande. On arrivera peut être pas à garantir une vitesse de 5 t/s, mais on est sur de pouvoir atteindre 4 t/s. Si on choisit un réducteur plus petit, dans le cas où on veut tourner à basse vitesse (1 t/s), le niveau de tension au borne du moteur sera trop faible pour garantir une bonne régulation.. La constante de couple de ce bobinage est de 19.6 mNm / A. Le couple maximal correspond alors à un courant de pointe de :

$$I_{\text{MAX}} = \frac{M_{\text{Max}}}{k_M} + I_0 = \frac{0.0712 \cdot 10^{-3}}{19.6} + 0.151 = 155 \text{ mA}$$

Ce courant est inférieur au courant maximal

On a trouvé un moteur pouvant garantir une vitesse de 4 t/s à la balise rotative, tout en permettant de tourner à de basses vitesses.

Choix final du moteur

Voici le choix final, moteur, réducteur et codeur :

	Désignation	N° d'article
Moteur	RE 13, 2W, 15V	118520
Réducteur planétaire	GP 13A (métallique)	110314
Codeur	MR, type S, 256 Impulsions	228444

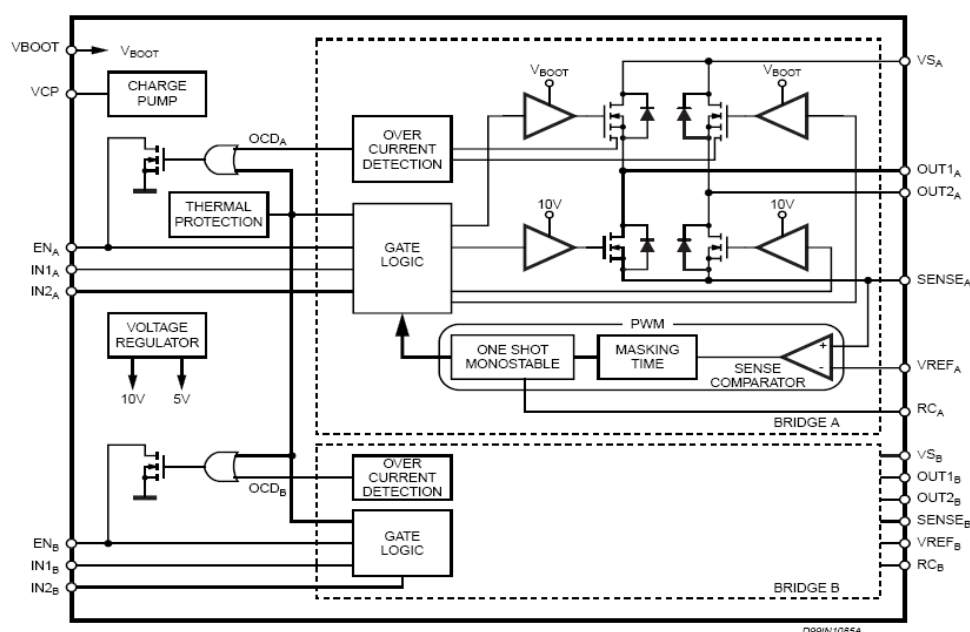
5.7.3. Commande du moteur CC

Afin de commander le moteur choisi ci-dessus, on a choisi un pont en H : L6207 Driver de pont intégral, DMOS, dual.

Le circuit L6207 est un driver de pont intégral utilisant 4 x 2 transistors DMOS (voir Figure ci dessous). Il se commande très facilement, directement avec des signaux de type PWM, de plus ce circuit contient différentes protections (voir caractéristiques principales). En plus des fonctions principales, comme les différentes protections, ou encore le contrôle du courant PWM, ce circuit ne nécessite que très peu de composants externes.

Le L6207 est spécialement conçu pour réaliser des applications de commande de moteurs pas à pas, de moteur DC, ou encore de toute une gamme de charges inductives.

Ce circuit dispose en outre d'un temps t_{OFF} constant qui permet de commander alternativement un transistor après l'autre en introduisant un temps de retard paramétrable (t_{OFF}) entre l'activation du premier et du deuxième transistor. Ce temps de retard permet d'éviter que deux transistors d'une même branche soient connectés en même temps et de ce fait créent un court circuit direct entre le V_S et le GND.

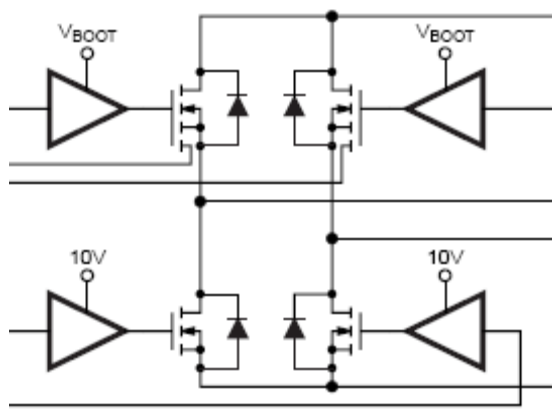


Caractéristiques Principales

- Tension d'alimentation de 8 à 52 V
- Courant de sortie max. 2.8A DC (5.6A de Pic)
- Fréquence de fonctionnement jusqu'à 100 kHz
- Protection de surintensité
- Contrôleur de courant PWM t_{OFF} constant indépendant pour chacun des deux ponts.
- Cross conduction protection.
- Shutdown thermique.
- Blocage du circuit si la tension d'alimentation est trop faible.
- Diodes de roues libres rapides intégrées directement au circuit.

Eléments externes

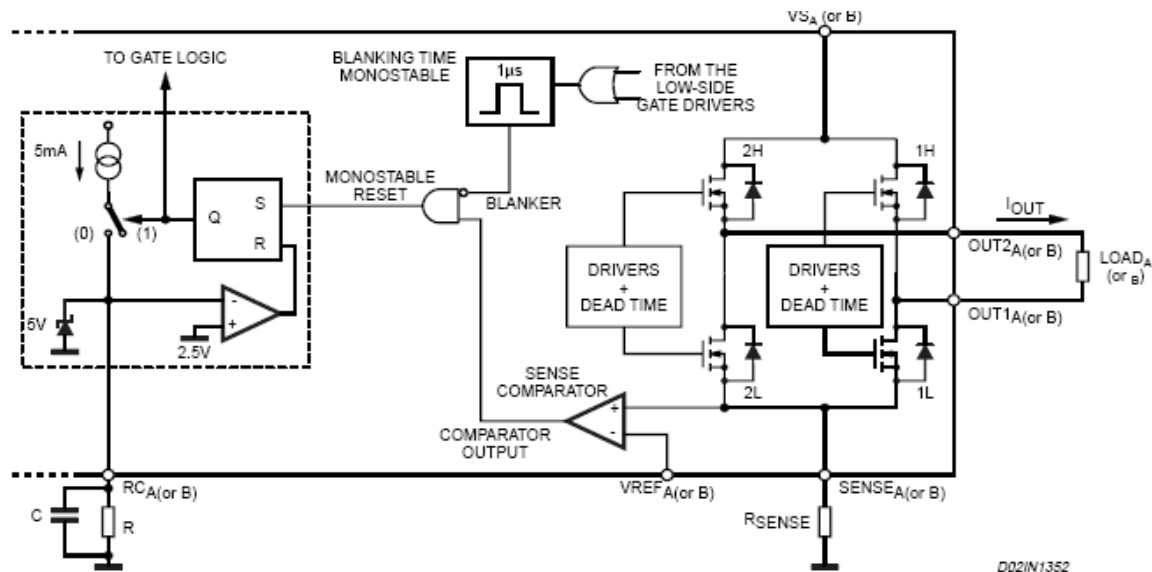
Pompe de Charge : Les éléments constituant la pompe de charge permettent de d'augmenter la tension de commande des MOS (cannal N) situés en haut:



Pour cette pompe on utilise les éléments externes suivants conseillés par le fabricant:

D1 1N4148
D2 1N4148
 CP_A 10 nF 100 V
 RP_A 100 Ω 1/8 W
C8 220 nF 25 V

Protection de surintensité



Afin de protéger le moteur contre un courant trop élevé (p.ex. : blocage du rotor), il faut dimensionner la résistance R_{SENSE} afin de pouvoir mesurer le courant du moteur.

Pour cela on nous donne la formule suivante :

$$R_{SENSE} = \frac{0.5 \text{ V}}{I_{pk \text{ moteur}}} = \frac{0.5}{0.5} = 1 \Omega$$

$$P_{R_{SENSE}} = I_{pk \text{ moteur}}^2 \cdot R_{sense} = 0.25 \cdot 1 = 0.25 \text{ W}$$

Grâce à la borne V_{REF} il sera possible de régler le courant à partir duquel on voudra automatiquement couper l'alimentation du moteur.

Exemple:

Si le courant du moteur est de 0.25 A on aura donc 0.25 V sur la borne "+" du comparateur. On règle une tension de 0.17 V sur la borne V_{REF} , ce qui correspond à un courant max. de 170 mA.

Etant donné que la tension sur la borne "+" est plus grande que sur la borne "-" la sortie du comparateur va alors s'enclencher ce qui aura pour effet de désactiver la commande des MOS.

La résistance et le condensateur branchés sur la borne RC_A permettent de définir le temps pendant lequel les transistors MOS seront désactivés après un cas de surintensité.

On dispose de la formule suivante pour déterminer ce temps :

$$t_{RCFALL} = 0.6 \cdot R_A \cdot C_A = 0.6 \cdot 39 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} = 23.4 \mu s$$

$$t_{OFF} = t_{RCFALL} + t_{DT} = 23.4 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-6} \cong 25 \mu s$$

On dimensionne donc ces éléments comme suit :

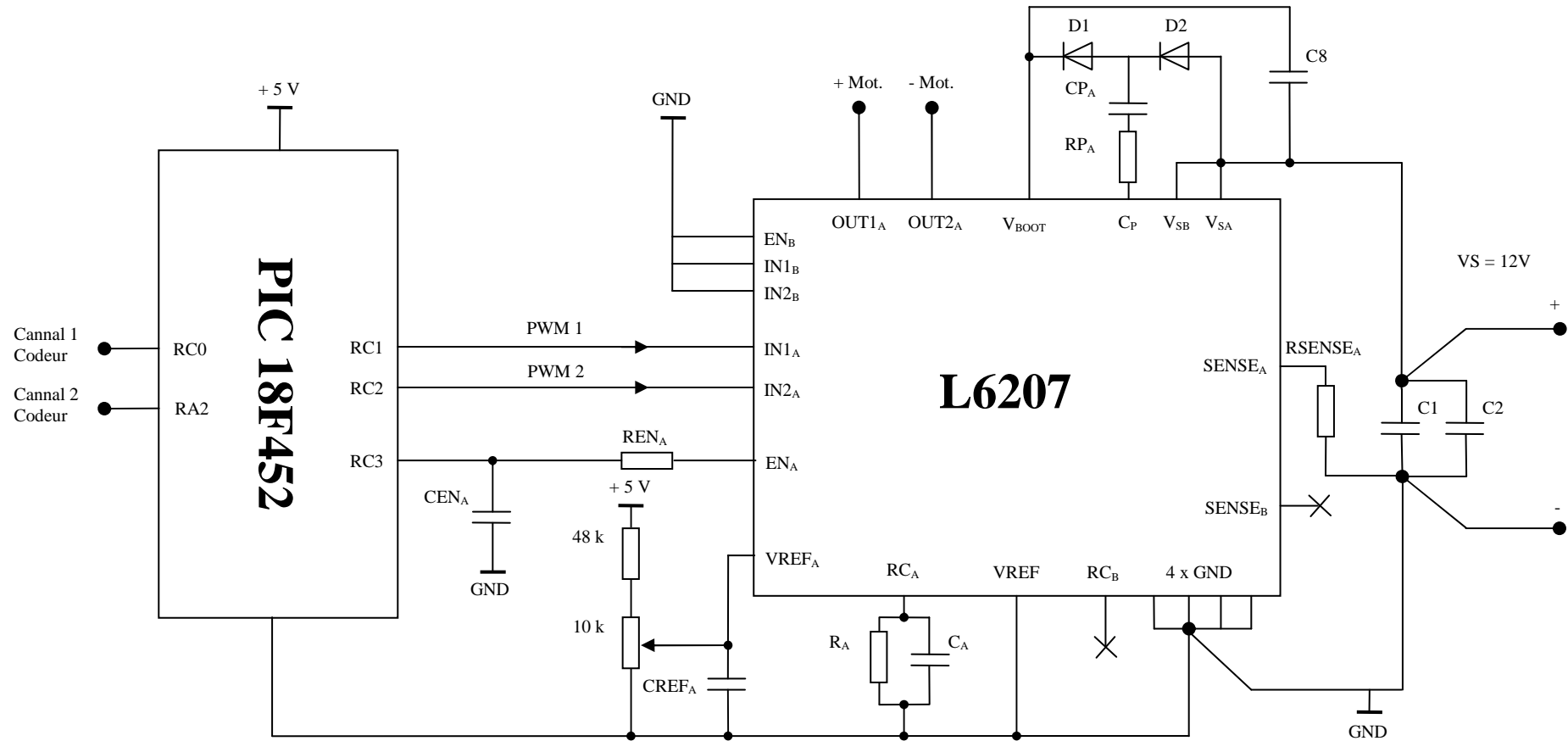
R_{SENSE_A}	1 Ω	0.25 W	1 %
$R_A = R_{OFF}$	39 k Ω	0.25 W	5 %
$C_A = C_{OFF}$	1 nF	25 V	20 %
$C_{REF_A} = C_{LP}$	68 nF	25 V	20 %

Autres composants

Les valeurs attribuées aux composants sont conseillées par le fabricant.

C1	100 μF	50 V	20 %
C2	100 nF	50 V	20 %
C_{EN}	5.6 nF	25 V	20 %
R_{EN}	100 k Ω	0.25 W	5 %

Esquisse du schéma Electronique



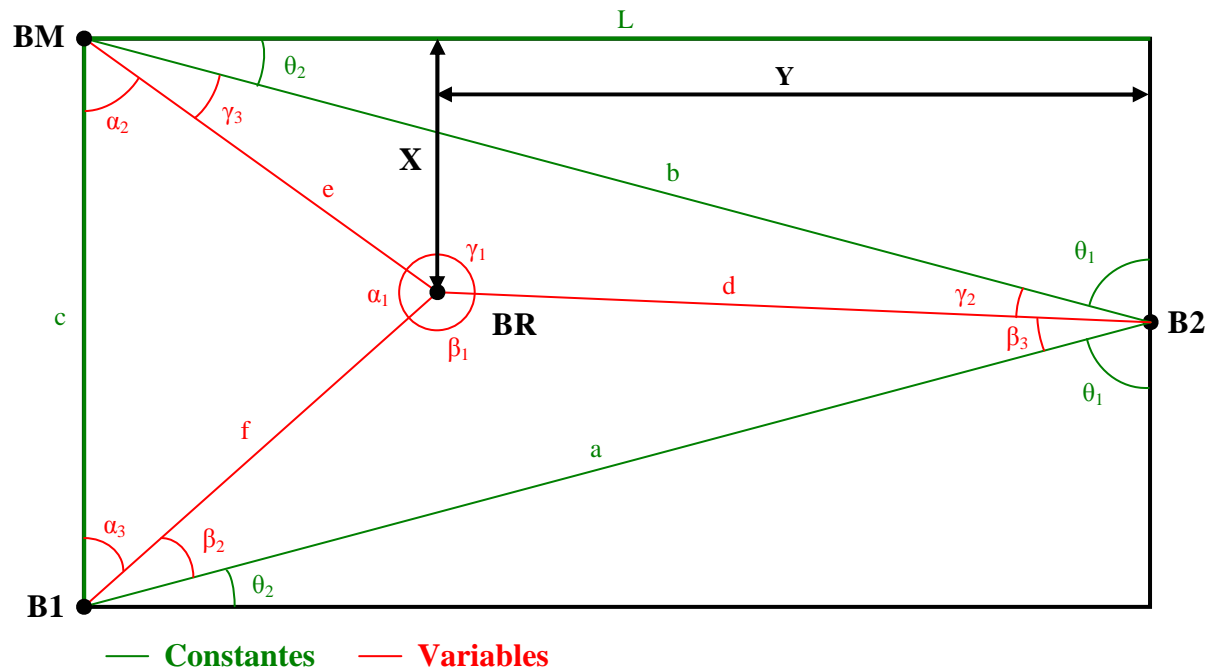
5.7.4. Suite du travail

Il faudra mettre :

- Réaliser le schéma sous OrCad. Il faudra impérativement tenir compte du point 3.4 "Layout Considerations" des notes d'application du L6207 lors de la création de la carte. Dans le cas contraire le L6207 risque de surchauffer.
- Modifier la mécanique de la "Balise Rotative" afin d'y incorporer le moteur Maxon.
- Etudier la régulation PID et écrire un programme en conséquence permettant d'effectuer une régulation de vitesse sur le moteur Maxon.

5.8. CALCUL TRIANGULATION

Le calcul de triangulation est sans doute l'élément le plus complexe de ces balises.



Variables mesurées

$$\begin{aligned} \alpha_1 \\ \beta_1 \\ \gamma_1 = 360 - \alpha_1 - \beta_1 \end{aligned}$$

Constantes

$$\begin{aligned} c &= 202 \text{ cm} \\ L &= 300 \text{ cm} \\ a = b &= \sqrt{L^2 + (0.5 \cdot c)^2} = \sqrt{300^2 + 101^2} = 316.545 \text{ cm} \\ \theta_1 &= \arctan \frac{L}{0.5 \cdot c} = \arctan \frac{300}{101} = 71.363^\circ \\ \theta_2 &= \arctan \frac{0.5 \cdot c}{L} = \arctan \frac{101}{300} = 18.607^\circ \end{aligned}$$

5.8.1. Recherche de α_2

D'après le théorème du sinus on peut tirer les équations suivantes :

$$\frac{a}{\sin \beta_1} = \frac{d}{\sin \beta_2} = \frac{f}{\sin \beta_3} \quad (1)$$

$$\frac{c}{\sin \alpha_1} = \frac{e}{\sin \alpha_3} = \frac{f}{\sin \alpha_2} \quad (2)$$

$$\frac{b}{\sin \gamma_1} = \frac{d}{\sin \gamma_2} = \frac{e}{\sin \gamma_3} \quad (3)$$

On tire des équations ci-dessus toutes les distances inconnues :

$$\text{De } (1) \quad f = \frac{a}{\sin \beta_1} \cdot \sin \beta_3 \quad / \quad d = \frac{a}{\sin \beta_1} \cdot \sin \beta_2$$

$$\text{De } (2) \quad e = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_3 \quad / \quad f = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_2$$

$$\text{De } (3) \quad d = \frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin \gamma_2 \quad / \quad e = \frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin \gamma_3$$

On rassemble ces équations :

$$1. \quad f = \frac{a}{\sin \beta_1} \cdot \sin \beta_3 = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_2$$

$$2. \quad e = \frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin \gamma_3 = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_3$$

$$3. \quad d = \frac{a}{\sin \beta_1} \cdot \sin \beta_2 = \frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin \gamma_2$$

$$4. \quad \alpha_3 = 180 - \alpha_1 - \alpha_2$$

$$5. \quad \gamma_3 = 180 - \gamma_1 - \gamma_2$$

$$6. \quad \beta_3 = 180 - \beta_1 - \beta_2$$

On prend l'équation 2. de la page précédente:

$$\frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin \gamma_3 = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_3$$

On modifie les termes en orange et en bleu afin de n'obtenir plus que α_2 comme inconnue :

$$\gamma_3 = ?$$

$$\alpha_2 + \gamma_2 = 90 - \theta_2$$

$$\gamma_2 = ?$$

$$\gamma_2 = 180 - \gamma_1 - \gamma_3$$

$$\Rightarrow \alpha_2 + 180 - \gamma_1 - \gamma_3 = 90 - \theta_2$$

$$\gamma_3 = \alpha_2 + 180 - \gamma_1 = 90 + \theta_2$$

$$\gamma_3 = \alpha_2 - \gamma_1 + \theta_2 + 90$$

$$\alpha_3 = 180 - \alpha_1 - \alpha_2$$

On remplace :

$$\frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin \gamma_3 = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_3$$

$$\frac{b}{\sin \gamma_1} \cdot \sin (\alpha_2 - \gamma_1 + \theta_2 + 90) = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin (180 - \alpha_1 - \alpha_2)$$

On met α_2 en positif :

$$\underbrace{\frac{b}{\sin \gamma_1}}_{A_1} \cdot \sin \underbrace{(\alpha_2 - \gamma_1 + \theta_2 + 90)}_{\varphi_1} = - \underbrace{\frac{c}{\sin \alpha_1}}_{A_2} \cdot \sin \underbrace{(\alpha_2 + \alpha_1 - 180)}_{\varphi_2}$$

On obtient donc :

$$\underline{A_1} \cdot \sin(\alpha_2 + \underline{\varphi_1}) = -\underline{A_2} \cdot \sin(\alpha_2 + \underline{\varphi_2})$$

On égale à zéro :

$$A_2 \cdot \sin(\alpha_2 + \varphi_2) + A_1 \cdot \sin(\alpha_2 + \varphi_1) = 0$$

On peut voir qu'on obtient une addition de deux nombres complexes. On va alors essayer de déterminer le φ équivalent :

$$W = A \cdot \sin(\alpha_2 + \varphi)$$

$$Z = A_2 \cdot \text{cis } \varphi_2 + A_1 \cdot \text{cis } \varphi_1$$

$$\text{Re}_Z = A_2 \cdot \cos \varphi_2 + A_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$\text{Im}_Z = A_2 \cdot \sin \varphi_2 + A_1 \cdot \sin \varphi_1$$

Si $\text{Re}_Z > 0$

$$\varphi = \arctan \frac{\text{Im}_Z}{\text{Re}_Z}$$

Si $\text{Re}_Z < 0$

$$\varphi = 180 + \arctan \frac{\text{Im}_Z}{\text{Re}_Z}$$

α_2 vaudra :

$$\boxed{\alpha_2 = 0 - \varphi}$$

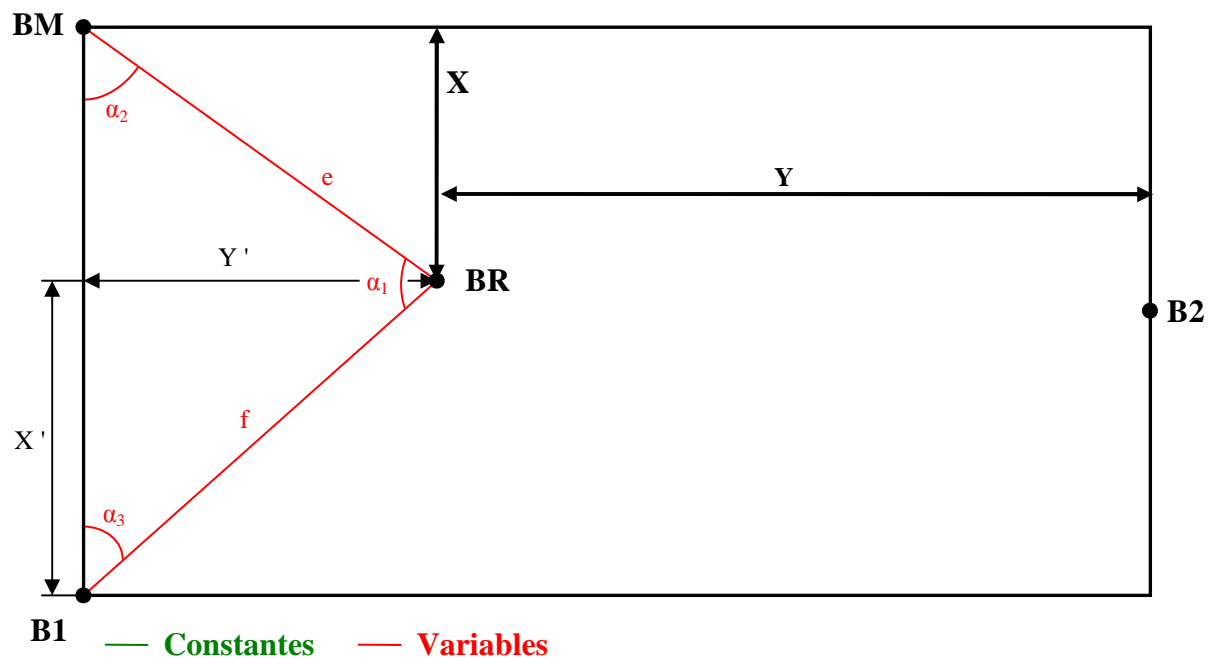
OU

$$\boxed{\alpha_2 = 180 - \varphi}$$

5.8.2. Recherche de X et Y

Etant donné qu'on connaît α_2 on peut alors déterminer la position du robot. Si on reprend la formule ② décrite au tout début du point précédent :

$$\frac{c}{\sin \alpha_1} = \frac{f}{\sin \alpha_2} \Rightarrow f = \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_2 \quad \textcircled{2}$$



$$\alpha_3 = 180 - \alpha_1 - \alpha_2$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{Y'}{f} \Rightarrow Y' = \sin \alpha_3 \cdot f = \sin (180 - \alpha_1 - \alpha_2) \cdot \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_2$$

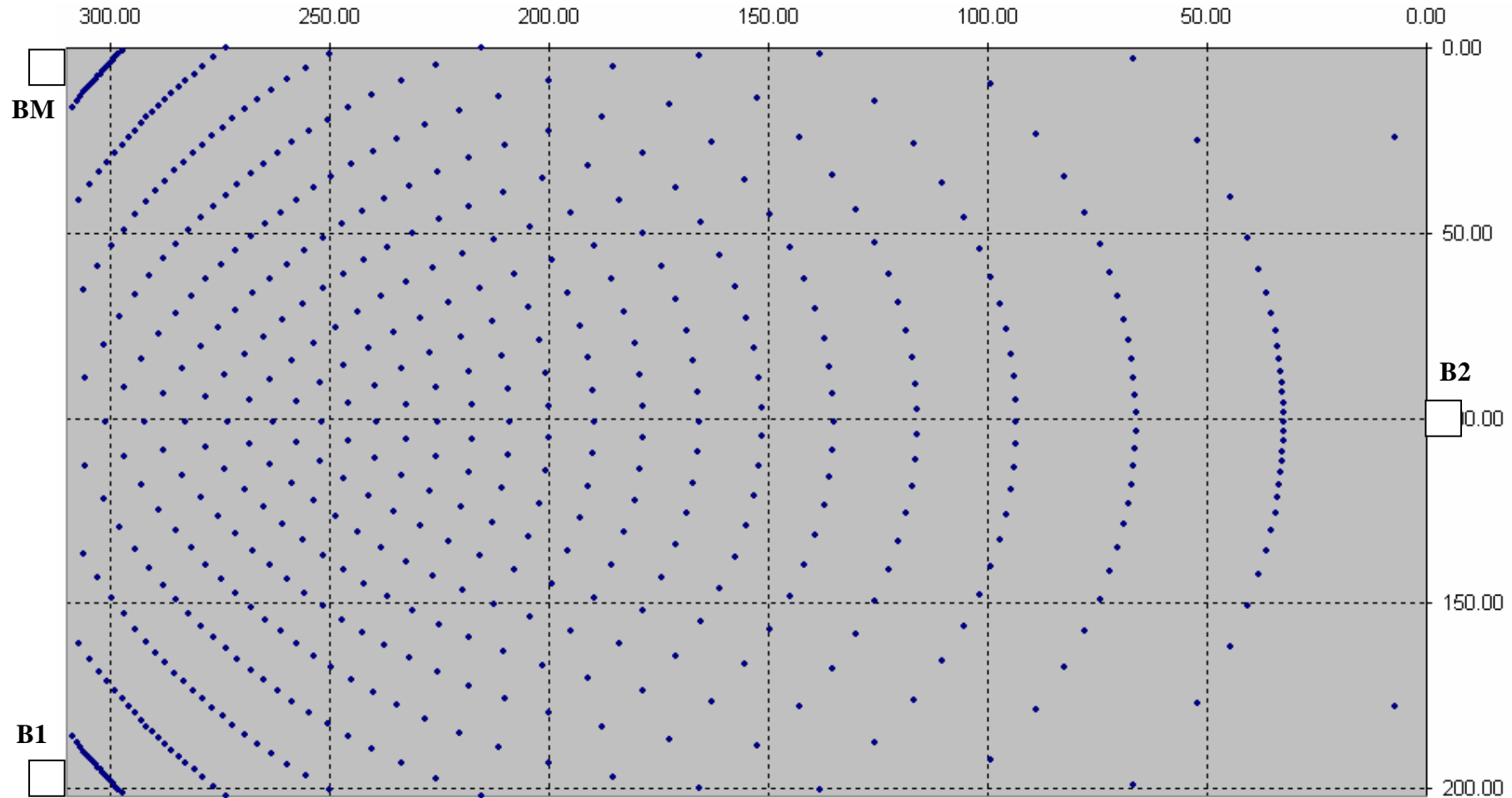
$$\cos \alpha_3 = \frac{X'}{f} \Rightarrow X' = \cos \alpha_3 \cdot f = \cos (180 - \alpha_1 - \alpha_2) \cdot \frac{c}{\sin \alpha_1} \cdot \sin \alpha_2$$

$$X = 202 - X' + 4$$

$$Y = 310 - Y'$$

5.8.3. Répartition des points pour les angles α_1 et β_1 multiples de 5°

Si on fait varier α_1 et β_1 de 5° en 5° on obtient les positions sur l'air de jeu ci-dessous :



5.9.PIC

5.9.1. Présentation :

Un microcontrôleur est une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. En ce sens, les PIC sont particulièrement bien dotés, car ils intègrent mémoire de programme, mémoire de données, ports d'entrée-sortie, et même horloge, bien que des bases de temps externes puissent être employées.

Les PIC sont des composants dits RISC (reduced instruction set computer), ou encore microprocesseur à jeu d'instruction réduit. Plus on réduit le nombre d'instructions, plus facile et plus rapide en est le décodage, et plus vite le composant fonctionne.

Le temps de cycle d'un PIC est donné par la fréquence d'horloge utilisée pour le cadencer, divisée par 4. Cela est dû à l'architecture interne de ce microcontrôleur.

Avec un quartz de 4MHz (ou l'horloge interne), on obtient donc 1000000 de cycles/seconde, or, comme le pic exécute pratiquement 1 instruction par cycle, hormis les sauts, cela donne une puissance de l'ordre de 1 MIPS (1 million d'instructions par seconde).

La plupart des PICs peuvent être cadencés jusqu'à 20MHz. C'est donc une vitesse de traitement plus qu'honorable pour un microcontrôleur.

Il existe 4 familles principales de PIC :

10Fxxx/12Fxxx

Composants basiques très bon marché disposant de peu d'entrées-sorties.

16Cxxx/16Fxxx

Composants de milieu de gamme. C'est la famille la plus fournie et la plus utilisée à l'heure actuelle.

18Cxxx/18Fxxx

Cette famille a un jeu d'instruction plus complet puisqu'il comprend de l'ordre de 75 instructions. Cette palette d'instructions étendue lui permet de faire tourner du code C compilé de manière nettement plus efficace que les familles précédentes. On peut les utiliser avec un quartz oscillant jusqu'à 48MHz.

* Tiré du site "www.wikipedia.fr"

5.9.2. Dans nos différentes applications on utilise les produits suivants :

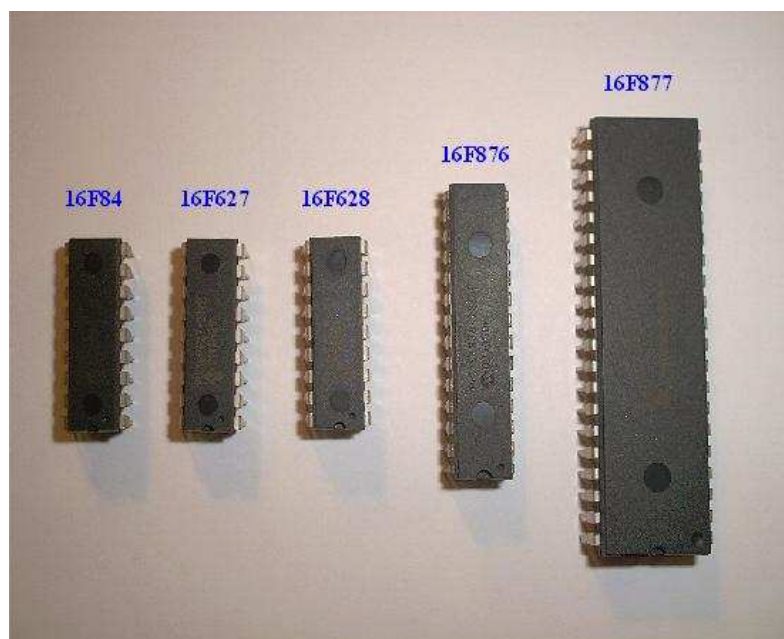
Type	Horloge	Utilité
16F877A	20 Mhz	Pour PICs "Réception Laser de la Balise Rotative"
18F452	20 Mhz	Pour PIC "Triangulation"
16F873A	4 Mhz	Pour PIC "Servo"

Le 16F877A est un PIC possédant 33 broches I/O il est donc particulièrement adapté pour l'utilisation sur la carte "Réception Laser de la Balise Rotative"

Le 18F452 est un PIC ayant exactement le même brochage que le 16F877A. Mais il possède plus de mémoire ROM ainsi que de mémoire RAM ce qui est indispensable lorsqu'on a beaucoup de variables ainsi que des opérations arithmétiques complexes.

Le 16F873A possèdent quasiment les mêmes caractéristiques que le 16F877A à la différence qu'il possède moins de broches I/O.

Toute la documentation sur l'installation et la configuration se trouve dans l'Annexe Tutorial PICC + Mplab + ICD2.



5.10. SERVOMOTEUR

Un servomoteur est un petit appareil utilisé principalement dans le modélisme pour faire par exemple tourner les roues d'une voiture télécommandée. Il est composé :

- D'un moteur à courant continu de dimension réduite.
- D'un réducteur pour diminuer la vitesse de sortie et augmenter le couple.
- D'un potentiomètre pour mesurer la position.
- Un circuit électronique d'asservissement en position de l'axe de sortie.



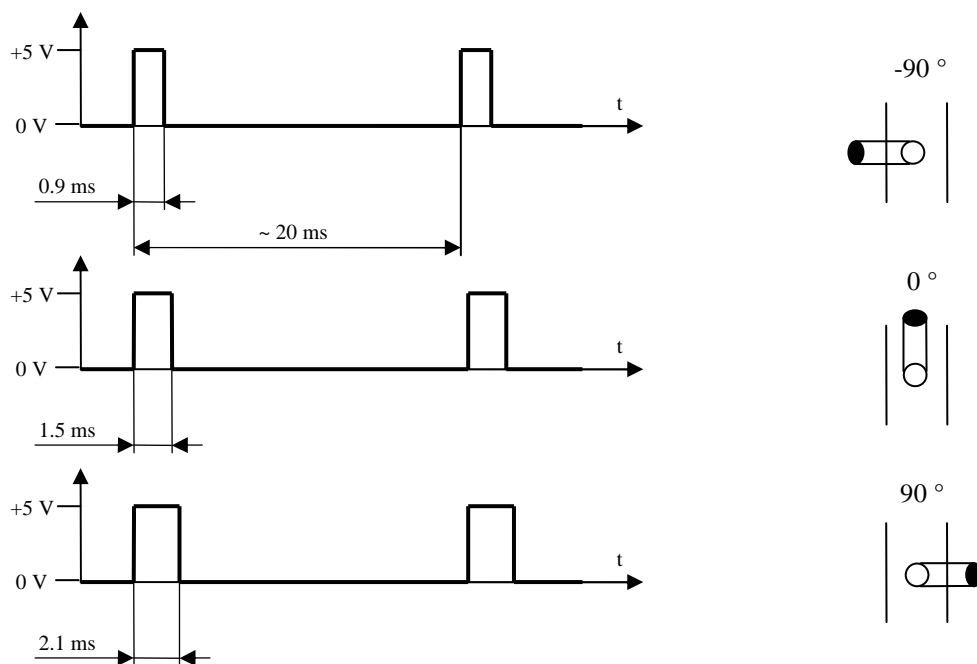
Les servos conventionnels permettent de faire tourner l'arbre de sortie entre $+90^\circ$ et -90° (180°). Ils s'alimentent en 5V, permettent d'obtenir des couples de sortie allant de 1 à 12 kg·cm ont une vitesse moyenne de rotation de 1t/s (dépendant de la tension d'alimentation du servo). On peut trouver des servomoteurs à partir de 10 CHF.

5.10.1. Commande

Les servos disposent de 3 fils de couleur différentes : le +5 V (fil rouge), le GND (fil noir ou marron) et le signal (fil jaune ou blanc).

Pour commander un servo il faut envoyé un signal PWM avec une fréquence plus ou moins fixe d'environ 50Hz et une largeur d'impulsion variable.

La largeur d'impulsion du PWM correspond à la position de l'axe sortie on doit généralement le faire varier entre 0.9 ms (-90°) et 2.1 ms ($+90^\circ$) avec une position médiane à 1.5ms (théorique).



5.10.2. Programme sur Pic

Nom de projet: Servo
Nom: Commande 8 Servos
Date de création: 17.01.06
Version: 1.1
Circuit: ICD2 + Pictest
Auteur: Sébastien Gay
Langage de programmation: Assembleur Microchip
PIC : 16F873A
Oscillateur : 4 Mhz

Ce programme permet de commander 8 servos connectés sur le PORTC d'un PIC 16F873A par l'intermédiaire de 8 variables RAM. Pour avoir une position complètement à droite, il faudra introduire 0 dans l'une de ces 8 variables. Au contraire, si l'on veut une position complètement à gauche on introduira la valeur 128. Nous aurons donc 128 positions possibles pour chaque servo.

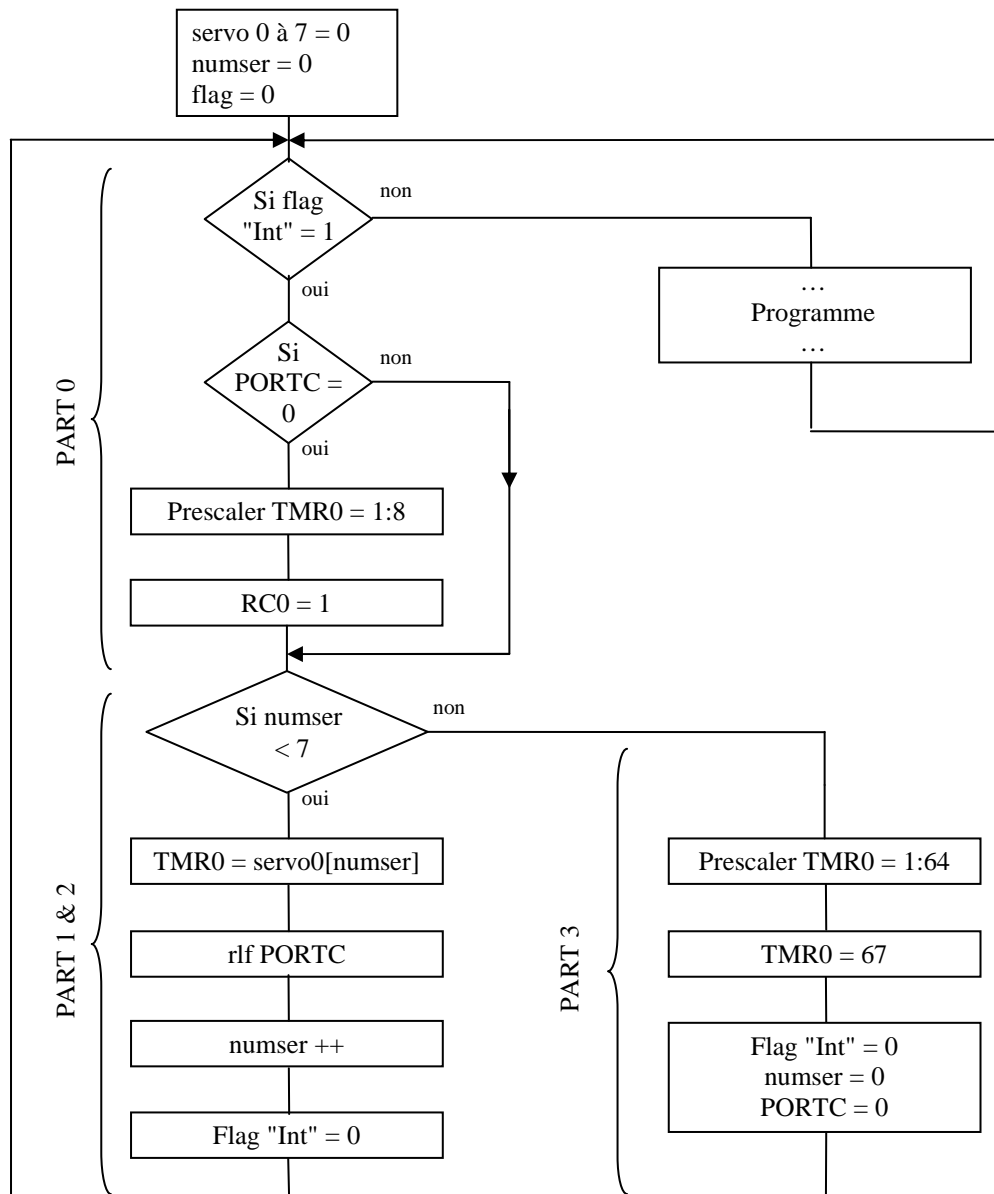
Variables spécifiques utilisées (toutes les variables sont de type entier 8 bits) :

servo0	Position du servo 0 (sur RC0)	servo5	Position du servo 5 (sur RC5)
servo1	Position du servo 1 (sur RC1)	servo6	Position du servo 6 (sur RC6)
servo2	Position du servo 2 (sur RC2)	servo7	Position du servo 7 (sur RC7)
servo3	Position du servo 3 (sur RC3)	flag	Indication de passage en interruption
servo4	Position du servo 4 (sur RC4)	numser	Indication de passage en interruption

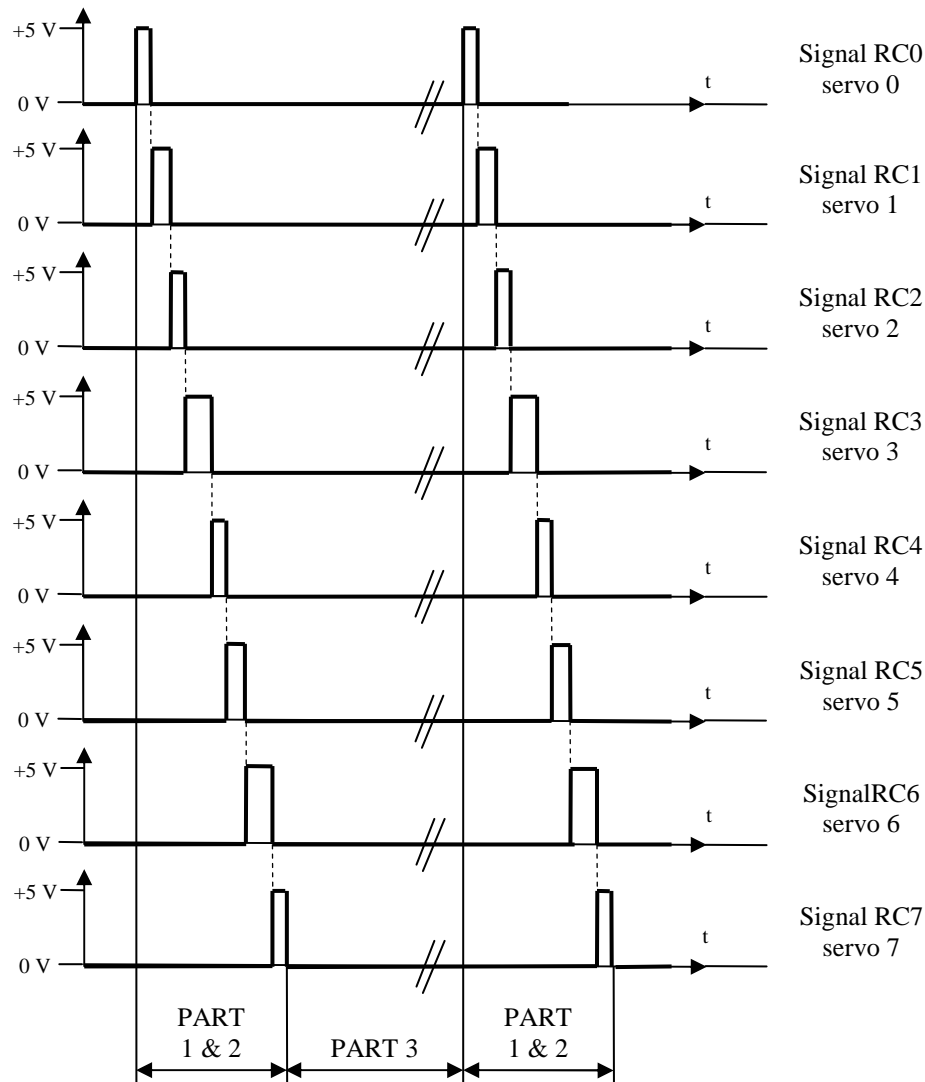
Il suffit d'affecter dans la zone "programme" la position que l'on désire obtenir.

Le programme se trouve en annexe ainsi que sur le CD-ROM joint avec ce rapport.

Diagramme simplifié du fonctionnement du programme



5.10.3. Diagramme temporel des signaux des 8 servos



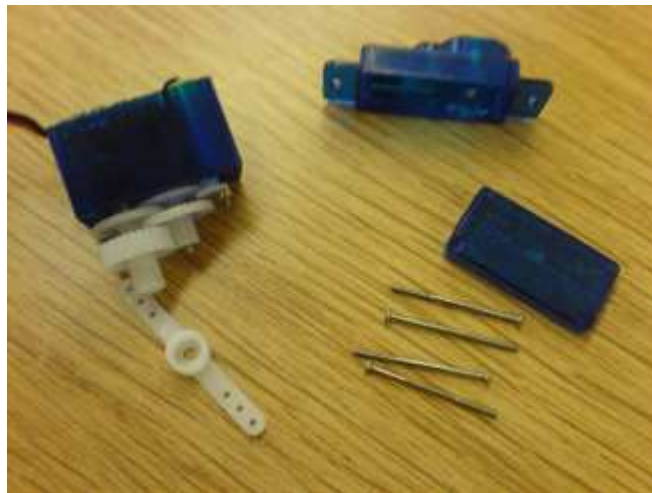
5.10.4. Modification en moteur CC

Dans ce chapitre on va voir comment modifier un servomoteur en moteur CC tournant sur 360°.

Le but est de faire croire à l'électronique au servo qu'il se trouve toujours dans une position fixe en tronquant son capteur (potentiomètre).

On remplacera le potentiomètre par une résistance fixe indiquant que le servo se trouve à - 90°. Ensuite on lui donnera l'ordre d'aller à + 90°. L'électronique va alors essayer d'atteindre + 90°, mais étant donné qu'on a remplacé le pot par une résistance, le servo va tourner à droite essayant d'atteindre la position voulue sans jamais y arriver.

1. Pour commencer il faut démonter le servo grâce à des tournevis d'horloger sans quoi on risque d'abîmer les vis.
Attention ! : Mémoriser (ou photographier !) bien la position des engrenages pour le remontage.

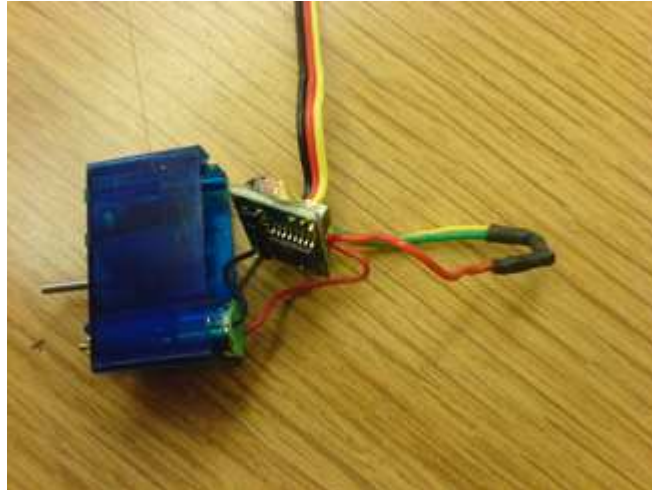


2. Démonter le potentiomètre puis dessolder les trois fils qui y sont connectés.
Noter la couleur du fil du curseur dans notre cas : Jaune

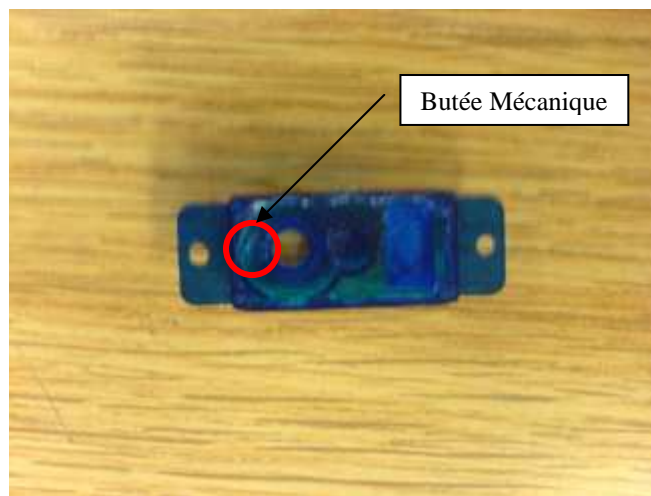


3. Elever les différentes butées du potentiomètre avec un cutter ou une pince coupante.
4. Remonter le potentiomètre.

5. Souder une résistance de 4.7k ou 2 résistances de 2.2k si on souhaite pouvoir faire tourner le servo dans les 2 sens, comme montée ci-dessous.
Ne pas oublier pas la gaine thermo !



6. Couper la butée, situé sur le couvercle supérieur mécanique, grâce à un outil type "Dremel".



7. Remonter le tout soigneusement et tout devrait fonctionner !
On a maintenant un moteur à courant continu !

6. SUITE DU TRAVAIL

Il faudrait sur la "Balise Rotative":

- Implanter le moteur/réducteur/codeur Maxon à la place du servomoteur.
- Créer la carte de commande du moteur, comme indiqué à la partie "Régulation de Vitesse de la Balise Rotative".
- Etudier la régulation PID et créer le programme de régulation à implanter dans le PIC qui commande le pont en H L6207 (voir : "Régulation de Vitesse de la Balise Rotative").

Il faudrait :

- Tester la fiabilité ainsi que la précision des balises.
- Eventuellement remanier le calcul "Triangulation" se trouvant dans le PIC du même nom de façon à ce qu'il soit plus facilement paramétrable.
- Rechercher un module laser "ligne" pour ne plus être obligé d'avoir des faisceaux lasers parfaitement parallèles au sol. S'il est possible de trouver un module de ce type dans des dimensions convenant à l'application il faudra modifier le programme "Réception Laser de la Balise Rotative".

7. CONCLUSION

Tout a commencé il y a bientôt dix mois. Alors que nous commençons notre stage chez Monsieur Bertarionne, ce dernier nous a proposé de participer au concours Eurobot 06. Personnellement je fus tout de suite emballé y ayant déjà participé quelques années en arrière. Après la lecture du règlement, j'ai pu voir qu'il était possible de réaliser un dispositif permettant de repérer le robot sur l'air de jeu. En surfant sur Internet, j'ai pu voir que seulement peu d'équipes utilisaient ce système. J'ai donc décidé, avec l'accord de mes collègues et du professeur, de me lancer dans la création des "Balises Eurobot 06".

Malheureusement, tout ne s'est pas passé comme je le voulais, beaucoup de pannes, d'éléments défectueux, de retard dans les commandes ... sont venus perturber l'avancement de ces Balises. A tel point, que mêmes après plusieurs mois de travail ces dernières ne furent pas prêtes pour être utilisées lors du concours. Ceci fut une grande déception, car après tant d'efforts et tant de temps passé à développer, construire et déboguer ces balises, j'aurais bien voulu pouvoir les utiliser et les voir fonctionner lors de la coupe.

Une fois la coupe de robotique terminée, le temps était venu pour nous de choisir le sujet de travail de diplôme. En apprenant que les Balises faisaient parties des sujets de travaux de diplôme, je me suis dit que ça serait une bonne occasion pour les terminer.

Durant ce travail de diplôme, j'ai profité dans un premier temps d'étudier puis de refaire les cartes électroniques pour corriger les erreurs. J'en ai profité pour rajouter différents éléments permettant une prise en main plus aisée pour l'utilisateur. Dans un deuxième temps, il a fallu concevoir et réaliser la mécanique des balises fixes. Dans le même temps il a fallu monter les éléments sur les différentes cartes. Une fois la mécanique des Balises fixes terminée ainsi que les cartes montées est testées, il a été possible d'assembler le tout. Une fois câblé j'ai pu entreprendre les premiers tests. L'avant dernier jour, après quelques petites modifications (oubli de résistances), j'ai été en mesure d'effectuer les premiers tests de l'ensemble. Après une ultime modification du programme de "Triangulation", j'ai pu observer pendant quelques minutes que ces balises donnaient une position précise à +/- 5cm près, avant que les accumulateurs soient vides...

Tout au long de ce travail, j'ai pu acquérir énormément de nouvelles connaissances, surtout dans le domaine électronique. Comme par exemple :

- Le développement, la création et le débogage de différentes cartes électroniques. Ceci m'a permis de découvrir le logiciel OrCad permettant dans un premier temps de dessiner les schémas électroniques puis de créer les typons nécessaires à la fabrication des circuits imprimés.
- La programmation des PICs tout d'abord en langage assembleur avec lequel je réalise mes premiers programmes. Ensuite en langage C avec le programme PICC afin de réaliser des programmes beaucoup plus conséquent et quasiment irréalisables en assembleur.
- La conception mécanique sous Inventor pour les balises fixes ainsi que pour la Balise Rotative.
- L'utilisation d'éléments spécifiques qui m'étaient inconnus comme les modules HF, lasers, photodiodes...

C'est pour moi la première fois que je réalise un projet autant conséquent. Je suis globalement assez satisfait de mon travail. Néanmoins j'aurais aimé pouvoir réaliser plus de tests ainsi qu'avoir encore un peu de temps pour améliorer ce dossier.

J'espère que lors de la réalisation de mes futurs projets dans ma vie professionnelle, je trouverai autant de motivation que j'en ai eu à réaliser ces balises.

Bevaix, le 04 septembre 2006

8. REMERCIEMENTS

- **Monsieur Bertarionne**, pour ses connaissances et son aide, qu'il a su m'apporter tout au long de ce travail.
- **Monsieur Seiterle**, pour la réalisation de différentes pièces mécaniques.
- **Monsieur Glauser**, pour la réalisation des cartes électroniques ainsi que pour le prêt de matériel.
- **Monsieur Marti**, pour l'aide apportée sur OrCad
- **Monsieur Chalandes et ses élèves**, pour la réalisation des pièces mécaniques de la "Balise Rotative".
- **Monsieur Nussbaum**, pour les services qu'il m'a rendus.
- **Monsieur Montandon**, pour le prêt de matériel.
- **Monsieur Staub**, pour le prêt de matériel.
- **Monsieur Houkes**, pour la découpe de matière brute.
- **Ma mère et ma sœur**, pour la correction et le classement du rapport

9. ANNEXES

Liste Documentation Technique

- Annexe F:** Listes de Fournitures des Cartes Electroniques
- Annexe I:** Plans d'Implantation des Eléments (des cartes Electroniques)
- Annexes K :** Liste de Câblage de Balises Fixes
- Annexe L :** Programme des PICs
- Annexes M :** Dessin des Pièces Mécaniques Balises Mère + Vue d'ensemble
- Annexes M :** Dessin des Pièces Mécaniques Balises 1 + Vue d'ensemble
- Annexes M :** Dessin des Pièces Mécaniques Balises 2 + Vue d'ensemble
- Annexes M :** Dessin des Pièces Mécaniques Balises Rotative + Vue d'ensemble
- Annexes P :** Liste de Pièces Mécaniques + Visserie
- Annexes S :** Schémas Electroniques
- Annexes** Tutorial: Tutorial PICC + Mplab + ICD2
- Annexe :** Documentation Française SPM2 -433 - 28
- Annexe :** Journal de Travail
- Annexe :** Planification du travail de diplôme