

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>CMOS :</b>	Complementary MOS
<b>DIL:</b>	Dual In Line
<b>EEPROM:</b>	Electrical Erasable Programmable Read Only Memory
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organization
<b>FMI :</b>	Fond Monétaire Internationale
<b>GES :</b>	Gaz à Effet de Serre
<b>GPS:</b>	Global Positioning System
<b>IEEE:</b>	International Electrical and Electronics Engineering
<b>ILS :</b>	Instrument Landing System
<b>IR:</b>	Infra rouge
<b>UICN:</b>	Union International pour la Conservation de la Nature
<b>LED:</b>	Light Emiting Diode
<b>MOS:</b>	Metal Oxyde Semiconductor
<b>PIB :</b>	Produit industrielle Brute
<b>PIC:</b>	Programmable Interface Controler
<b>PNB:</b>	Produit Naturel Brute
<b>RAM:</b>	Random Acces Memory
<b>RAZ:</b>	Remise à Zero
<b>TTL:</b>	Transistor Transistor Logic
<b>UEC:</b>	Unité Electronique de Commande
<b>USD:</b>	United States Dollar

## LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : <i>Feu de forêt dans la région de Betsiboka.</i> .....	7
Figure I-2 : <i>Taux de boisement de chaque région de 1990 à 2005</i> .....	8
Figure II-1 : <i>Schéma synoptique du système à bord.</i> .....	11
Figure II-2 : <i>Schéma synoptique du détecteur d'obstacle.</i> .....	13
Figure II-3 : <i>Amplification du signal reçu</i> .....	13
Figure II-4 : <i>Circuit de gestion de capteurs.</i> .....	15
Figure II-5 : <i>Système de navigation.</i> .....	18
Figure II-6 : <i>Image réelle et image thermique.</i> .....	19
Figure II-7 : <i>Circuit pour test de transmission.</i> .....	20
Figure II-8 : <i>Principe de la commutation.</i> .....	20
Figure II-9 : <i>Brochage du 16F84.</i> .....	22
Figure III-1 : <i>Algorithme du système de navigation.</i> .....	24
Figure III-2 : <i>Corps du programme dans le microcontrôleur.</i> .....	25
Figure III-3 : <i>Lecture du port A.</i> .....	26
Figure III-4 : <i>Envoi des ordres.</i> .....	27
Figure III-5 : <i>Contrôle manœuvre.</i> .....	27
Figure III-6 : <i>Algorithme d'esquive.</i> .....	28
Figure III-7 : <i>Détermination de nombre de pas à effectuer.</i> .....	29
Figure IV-1 : <i>Localisation du parc national d'Ankarafantsika.</i> .....	33
Figure IV-2 : <i>Quadrillage du parc national d'Ankarafantsika.</i> .....	34
Figure IV-3 : <i>Principe du model de retard.</i> .....	34
Figure IV-4 : <i>Simulation du temps de retard.</i> .....	35
Figure IV-5 : <i>Module de traitement de signal</i> .....	36
Figure IV-6 : <i>Schéma du commutateur.</i> .....	37
Figure IV-7 : <i>Circuit de simulation du microcontrôleur.</i> .....	38
Figure IV-8 : <i>Circuit de simulation du système embarqué</i> .....	39
Figure IV-9 : <i>Essaie de simulation du système.</i> .....	39
Figure A-1 : <i>Circuit programmeur</i> .....	56
Figure A-2 : <i>Carte programmeur.</i> .....	57
Figure A-3 : <i>Fenêtre d'accueil du WinPic800.</i> .....	58
Figure A-4 : <i>Configuration correspond à notre programmeur.</i> .....	59

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Estimation de la présence de forêt et pourcentage de la population qui vit des ressources de la forêt .....	4
Tableau II : Usage de la forêt au niveau des communes.....	5
Tableau III : Répartition des feux de forêts au niveau à Madagascar .....	7
Tableau IV : Situation des points de feux et surface incendiées de 2005 à 2009 .....	8
Tableau V : Table de vérité de la gestion de capteurs. ....	15
Tableau VI : Cycle de lecture des données des capteurs. ....	16
Tableau VII : Caractéristiques du manœuvre en fonction de $D_3$ $D_2$ $D_1$ $D_0$ .....	17
Tableau VIII : Simulation des données capteurs.....	40
Tableau IX : Résultats du premier essai .....	40
Tableau X : Résultats du deuxième essai .....	41

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I GENERALITES SUR LA SITUATION FORESTIERE</b> .....	2
I.1 Les forêts dans le monde .....	2
I.1.1 Impact sur le plan socio-économique .....	2
I.1.2 Impact sur le plan écologique.....	3
I.2 Importance des forêts à Madagascar .....	4
I.2.1 Sur le plan économique et social .....	4
I.2.2 Sur le plan écologique .....	5
I.3 Les feux de forêt à Madagascar .....	6
I.3.1 Principaux facteurs .....	6
I.3.2 Statistiques sur les feux de forêts à Madagascar .....	8
I.3.3 Conséquences .....	9
<b>CHAPITRE II ETUDE DU SYSTEME ELECTONIKES EMBARQUE DANS LE POURSUIVEUR</b> .....	11
II.1 Organisation du système embarqué .....	11
II.2 Détection des obstacles.....	12
II.2.1 Détection .....	12
II.2.2 Gestion des capteurs.....	15
II.3 Système de navigation .....	16
II.3.1 Principe de fonctionnement.....	16
II.3.2 Le système de navigation .....	18
II.4 Détection de la cible .....	19
II.5 Test de transmission et commutateur .....	19
II.5.1 Circuit test de transmission .....	19
II.5.2 Le commutateur.....	20
II.6 Le microcontrôleur .....	21
II.6.1 Caractéristiques et technologie du circuit 16F84 .....	21
II.6.2 Les rôles du microcontrôleur.....	22
<b>CHAPITRE III LES ALGORITHMES DE CONTROLE DU SYSTEME EMBARQUE..</b>	24
III.1 Pour le système de navigation .....	24

III.2	Pour le microcontrôleur .....	25
III.2.1	Algorithme principale du microcontrôleur .....	25
III.2.2	Réception des données et envoi des ordres .....	26
III.2.3	Contrôle manœuvre .....	27
III.2.4	Fonction d'esquive .....	28
III.2.5	Détermination de nombre de pas .....	29
CHAPITRE IV	APLLICATION ET REALISATIONS .....	31
IV.1	Description du parc .....	31
IV.1.1	Importance du parc national d'Ankarafantsika .....	31
IV.1.2	Localisation .....	32
IV.2	Simulations .....	33
IV.2.1	Quadrillage du parc .....	33
IV.2.2	Temps de retard entre émission et réception du signal de détection .....	34
IV.2.3	Module de détection .....	35
IV.3	Réalisations .....	36
IV.3.1	Le commutateur .....	36
IV.3.2	Simulation du système embarqué .....	37
IV.3.3	Tests .....	39
IV.4	Amélioration et perspectives .....	41
IV.4.1	Poursuite automatique .....	41
IV.4.2	Atterrissage automatique en cas de défaillance de transmission .....	41
IV.4.3	Utilisation d'un microcontrôleur plus performant .....	42
CONCLUSION	.....	44
ANNEXE I : EXTRAIT DU PROTOCOLE DE KYOTO	.....	45
ANNEXE II : PROGRAMMATION DU MICROCONTROLEUR	.....	50
ANNEXE III : REALISATION DU PROGRAMMATEUR UTILISE	.....	55

# INTRODUCTION

Depuis la seconde guerre mondiale, l'utilisation des drones ou UAV (Unmanned Aerial Vehicles) a connu un essor considérable dans le domaine des armements militaires. La prolifération des armes balistiques, des missiles tactiques et de croisière, l'utilisation des objets technologiques (arme par destination), et la diffusion des savoir faire techniques multiplient les facteurs de risques pesant sur la vie de nombreuses personnes, notamment des militaires. Ce sont les raisons de la conception des petits engins volants autopilotés capable de traquer des informations dans des endroits hostiles ou d'accomplir une tâche bien définie sans aucune perte de vie humaine.

Depuis quelques années, l'utilisation des drones n'est plus limitée dans les domaines militaires. Des applications civiles font leurs apparitions comme la surveillance des frontières ou des trafics maritimes, l'inspection des réseaux de transports d'électricités dans des endroits difficiles d'accès à l'homme, la récolte de données météorologiques, la prévention des feux de forêts.

Le présent mémoire intitulé « Système de poursuite applique à l'environnement: contribution à la conception d'un poursuiveur » a pour objectif, d'étudier la faisabilité de la mise en place d'un système de surveillance qui utilise un drone, dans une zone forestière. Les détails de ce travail se divisent en quatre chapitres. Le premier chapitre sera consacré aux généralités sur la situation forestière. On va mettre les points sur les intérêts socio-économiques et les menaces de disparitions de la biodiversité. Le second chapitre sera axé sur les études des circuits électroniques embarqués dans le poursuiveur ; les conceptions des différents circuits du système. Dans le troisième chapitre, ce sont les algorithmes de contrôle du poursuiveur qui sera expliqués. Les simulations et réalisations seront abordées au dernier chapitre, pour mettre en relief l'application de notre système, au parc national d'Ankarafantsika.

# CHAPITRE I GENERALITES SUR LA SITUATION FORESTIERE

Dans le contexte actuel, la forêt joue un rôle décisif sur l'avenir de l'humanité.

## I.1 Les forêts dans le monde

Les forêts couvrent 30% de la surface du globe, soit 4 milliards d'ha, dont 36% sont des forêts primaires (11% de la surface de la terre) d'où leurs importances [1].

Ces forêts sont en majorités situées dans l'hémisphère sud où se trouve la plupart des pays pauvres.

### I.1.1 Impact sur le plan socio-économique

#### a) Activités directes

La forêt est à la fois un habitat et une ressource pour des nombreuses personnes de la planète. Pour les personnes qui y vivent, la forêt elle-même leurs procure source de vivre et source d'énergie. Dans les pays sous-développés, elle assure les besoins en combustibles (bois de chauffage et charbon de bois) de la majorité des foyers. Selon le FAO 300 millions de populations vivent dans la forêt et 1,6 milliards de personnes en dépendent en 2010.

Dans les pays où les forêts primaires existent encore le trafic de bois est une source de devise. Ces derniers exportent leurs bois, vers les pays industrialisés, que ce soient à l'état brute ou ont été déjà travaillé (meubles, planches, etc...). Les exportations légales de bois sont évaluées à 100 milliards d'USD en 2000 et 350 milliards d'USD en 2007 [2].

#### b) Marché de carbone

La forêt est une des principaux puits de carbone dans notre planète. La quantité de carbone piégée par ha de forêt varie selon le type et l'âge de cette dernière, mais en moyenne un Ha de forêt aspire environ 600 tonnes d'équivalent de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

En 1997, le protocole de Kyoto instaure le marché de carbone c'est à dire rendre payant « le droit de polluer ». Il incite les entreprises à réduire leurs émissions des GES, en investissant dans des énergies propres. Chaque entreprise dispose d'un quota d'émission de GES et en cas de dépassement soit elle paye une amande, soit elle achète des crédits d'émissions. Les pays non-industrialisés pourront alors profiter de cet accord pour vendre les milliers de tonnes d'équivalents de CO<sub>2</sub> piégés dans leurs puits de carbone, notamment dans leurs forêts, à des grandes entreprises des pays développés [3].

En 2006, 493 millions de tonnes de carbone s'échangeaient soit environ 500 millions € [4]. Ce chiffre ne cesse de s'accroître chaque année.

### I.1.2 Impact sur le plan écologique

#### **a) La forêt responsable de la biodiversité**

Les forêts sont le principal réservoir de la diversité biologique animale et végétale à l'échelle de la planète. Elles abritent une importante partie des variantes d'espèces d'animaux, qui peuvent exister, dont la plupart sont des espèces endémiques ou bien des espèces menacées d'extinction. A elles seules les forêts tropicales humides renferment environ 50% des espèces vivantes.

#### **b) Régulation des effets de serre dans l'atmosphère**

L'atmosphère filtre le rayonnement solaire incident et bloque la plupart du rayonnement réémis par la surface de la terre : c'est le principe de l'effet de serre. Cet effet de serre est dû à la vapeur d'eau et à la présence des GES (essentiellement du CO<sub>2</sub>) présents dans l'atmosphère en tenant prisonnier l'énergie des rayonnements. Ainsi, une augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère signifie un réchauffement de la planète, autrement dit, un désastre pour l'humanité, d'où la nécessité du maintien de l'équilibre entre l'absorption et l'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère [5].

La photosynthèse constitue l'essentiel du noyau pour assurer (le maintien de) cette équilibre, c'est pourquoi les forêts jouent le rôle d'un régulateur des effets de serre dans l'atmosphère.



On remarque que chaque année, la biomasse les industries et différentes sources émettent dans l'atmosphère environ 200 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>.

## I.2 Importance des forêts à Madagascar

Autrefois, Madagascar est réputé par la présence de forêt presque dans toute l'île c'est pourquoi on l'appelait en ce temps-là ' *l'île verte* '.

L'évolution même de la société malagasy y prend source.

### I.2.1 Sur le plan économique et social

A Madagascar, 80% de la population sont dans le secteur primaire. Ils vivent surtout de l'élevage et de l'agriculture, mais la forêt tient aussi sa place dans ce secteur [6]. Presque tout le foyer malgache se sert des bois de chauffe ou de charbon de bois comme combustible et c'est l'un des principaux services fourni par les forêts dans le pays. D'après la statistique du ministère de Finances et de la FMI le secteur forestier représente 50% du PNB et 17% du secteur primaire, en 2000. En 2001 on estime qu'une moyenne de 2% de la population malgache vit des revenus de la forêt [6].

Le Tableau I illustre la moyenne de la population (en %) dans chaque province qui vit des revenus de la forêt :

**Tableau I :** *Estimation de la présence de forêt et pourcentage de la population qui vit des ressources de la forêt [7]*

Provinces	Présences de forêt (% de communes)	Part de population qui vit des ressources forestières (%)
Antananarivo	75	4
Fianarantsoa	84	2
Toamasina	83	2
Mahajanga	87	3
Toliara	89	3
Antsiranana	84	3
Moyenne		
Madagascar	84	2

L'exploitation de forêt à Madagascar est essentiellement destinée à couvrir les usages ménagers. La banque mondiale a estimé que les forêts couvrent les totalités des besoins en énergies domestiques dans les zones rurales et plus de la 70% de la consommation en énergie du pays.

Les forêts publiques représentent une source de matériaux de construction pour 78% de communes et dans la partie Est et la partie Nord-Ouest de l'île on les utilise pour la pratique des cultures sur brûlis.

Madagascar exporte également des bois à l'étranger mais dans la quasi-totalité des cas on exporte des bois à l'état brut des grumes sans valeur ajoutés. Récemment la loi interdit l'exportation des bois de roses et des bois d'ébène non travaillés.

L'utilisation de la forêt au niveau de chaque commune est répartie dans le Tableau II

**Tableau II : Usage de la forêt au niveau des communes [7]**

<b>utilisation</b>	<b>Pourcentage de communes (%)</b>
Bois d'exportation	31
Bois de construction	78
Charbon de bois/Bois de chauffe	68
Chasse	41
Tavy	39
Autre produit	10

### I.2.2 Sur le plan écologique

La forêt renferme la plus grande parties de l'exceptionnelle biodiversité de Madagascar : 80% de ses plantes, 95% de ses reptiles, 99% de ses amphibiens et presque 100% de ses primates n'existent nulle part ailleurs dans le monde. Cette unicité de notre biodiversité, qui devrait être protégé mais aussi qu'on doit valoriser pour contribuer à la croissance économique du pays, attire les grands voyageurs des pays développés par l'écotourisme. La conservation de la biodiversité serait donc le moteur de développement de l'écotourisme, qui est un secteur porteur à Madagascar. L'écotourisme ne favorise pas seulement l'épanouissement d'une forme de voyage respectueux de la nature mais c'est aussi un soutien au développement local, la sauvegarde du petit patrimoine, la mise en valeur de

savoir-faire locaux, l'implication des acteurs locaux dans le processus de protection de la nature.

A cause de la déforestation massive de ces derniers temps, 13 millions d'ha de forêts sont détruites chaque année dans le monde selon la FAO. Pour Madagascar la forêt ne se concentre plus que sur une superficie inférieure à 20% de l'île.

La principale raison de cette déforestation est liée aux feux. Environ 350 millions d'ha de surface sont incendiées chaque année soit aux alentours de 11 ha/s si on se réfère à l'échelle planétaire. Mais dans notre étude c'est le feu de forêt Madagascar qui nous intéresse.

### **I.3 Les feux de forêt à Madagascar**

#### **I.3.1 Principaux facteurs**

Des nombreux facteurs sont à l'origine des feux de forêt à Madagascar, dont voici quelques-unes :

- *La culture itinérante sur brûlis ou tavy* : c'est une méthode traditionnelle solidement ancrée dans les us des régions qui le pratiquent. Elle consiste à défricher la végétation naturelle, à y mettre le feu afin d'y pratiquer la culture du riz, du maïs ou du manioc.
- *les pâturages dans les régions à forte densité en élevage bovine* : la technique de l'élevage de bovin de type extensif nécessite de grands espaces qui sont parcourus annuellement par le feu.
- *la course poursuite entre population et dahalo (voleurs de zébu)* : pour prévenir la population de son arrivée les voleurs de zébu mettent le feu à la forêt ; par contre, pendant la poursuite de ces derniers, les poursuivants brûlent la forêt pour mieux les apercevoir pendant la nuit.

Le Tableau ci-dessous donne la répartition des feux de forêt à Madagascar:

**Tableau III : Répartition des feux de forêts au niveau à Madagascar [7]**

Province	Feux liés à la croissance de l'herbe	Accident dû au tavy	Accident dû aux incendies du reste de récolte	Défense contre ou feux mis par les dahalo	Autres feux criminels	Feux provoqués par jeux	Autres raisons	Total
Antananarivo	25	0	10	10	21	7	27	100
Fianarantsoa	52	21	7	3	4	4	9	100
Toamasina	17	52	10	2	8	2	9	100
Mahajanga	51	12	5	13	11	2	6	100
Toliara	53	32	5	8	1	1	0	100
Antsiranana	32	37	3	1	11	1	15	100
Moyenne								
Madagascar	40	22	7	7	10	3	11	100

Lors de notre voyage d'étude à Mahajanga en 2009 nous avons constaté au chemin du retour qu'une majeure partie de la forêt, dans la région de Betsiboka, était ravagé par les feux. Dans cette région la forêt ne se concentre plus que sur des infimes parties de terres situées entre deux collines.

La Figure I.1 est une photo de feu de forêt entre Mahatsinjo et Maevatanana que nous avons prise en octobre 2009.

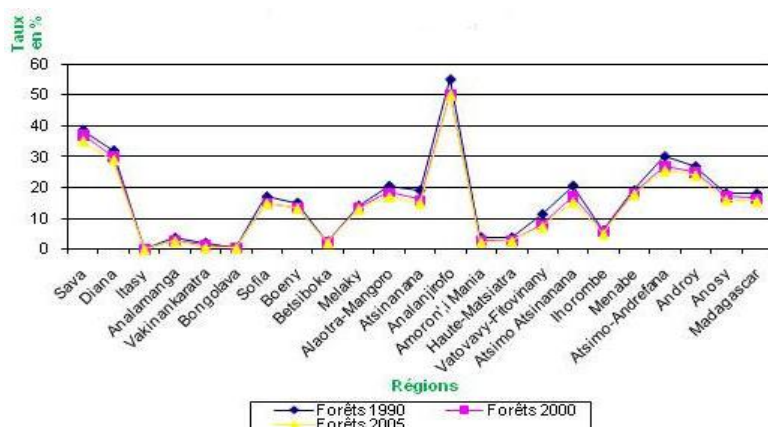


**Figure I-1 : Feu de forêt dans la région de Betsiboka.**

### I.3.2 Statistiques sur les feux de forêts à Madagascar

A Madagascar, principalement dans les communes rurales, les feux de forêt font partie du quotidien de la population. Depuis les années 90, la destruction forestière a connu un pic. Dans les régions où les forêts primaires existent encore, la baisse de la surface forestière est très visible : dans la région de Sava, Sofia, Analanjirofo, Menabe....

La Figure I.2 représente l'évolution des surfaces des forêts dans chaque région durant ces quinze dernières années.



**Figure I-2 : Taux de boisement de chaque région de 1990 à 2005 [8]**

Les feux sont les principaux acteurs de la déforestation à Madagascar après l'homme. De 2005 à 2009, on compte en moyenne et à chaque année, 495 900 feux de brousse et 6 000 incendies de forêt.

Le Tableau IV donne les statistiques des feux de forêts ainsi que la surface incendiés de 2005 à 2009.

**Tableau IV : Situation des points de feux et surface incendiées de 2005 à 2009 [8]**

Année	Points de feux	Surface incendiées (en ha)
2005	65 530	555 958
2006	54 024	455 815
2007	52 567	318 091
2008	45 625	168 963
2009	45 360	322 791

Ce tableau nous montre que les forêts Malgache sont en permanence sous la menace des feux. Si des mesures ne sont pas prises, les forêts Malgache disparaîtront dans quelques années.

### I.3.3 Conséquences

#### a) Socio-économique

La déforestation génère un coût direct sur les ménages ruraux. En effet, ils doivent dépenser beaucoup plus de temps pour collecter les bois dans les forêts qui sont à la fois éloignés de leurs villages et de qualité dégradée. Le coût annuel d'opportunité de temps dépensé à la collecte de bois, temps devant être loués à d'autres activités utiles par les membres de ménages, est l'équivalent de 400 000 à 800 000 Ariary par ménage [9].

Le changement climatique actuel est lié directement à la déforestation. Les précipitations sont diminuées et la température moyenne augmente de quelques degrés. Ceux-ci entraînent des désastres considérables sur l'agriculture et l'élevage que vivent les 80% des malgaches.

#### b) Ecologique

La forte accélération de la déforestation à Madagascar a entraîné une perte importante de la biodiversité. A cause de la destruction de leurs habitations naturelles de nombreuses espèces d'animaux sont menacés d'extinction. Certaines plantes médicinales, endémiques ou encore peu connues par les scientifiques, commencent également à se raréfier à cause des feux.

Le défrichement des forêts accroît la vulnérabilité des sols à l'érosion par le vent et l'eau et entraîne une perte des carbones présents dans la couche arable, en plus de la libération des CO<sub>2</sub> stockés par les bois dans l'atmosphère.

Outre que les feux, les trafiquants de drogue font aussi ravage dans les forêts tropicales car 300 000 ha de forêt tropicale étaient détruits pour la culture de coca chaque année, d'après le vice-président Colombien F. S. Calderon. Il a ajouté : « si vous sniffez 1gramme de cocaïne, vous détruisez 4m<sup>2</sup> de forêts tropicales » [2].

La déforestation coûte 40 millions de \$ à l'économie nationale soit 15% du PIB. L'utilisation de l'électronique peut améliorer cette situation en surveillant la forêt, afin de prévenir les incendies ou la préserver contre les intrusions, via les techniques de détection et poursuite d'une cible mobile.

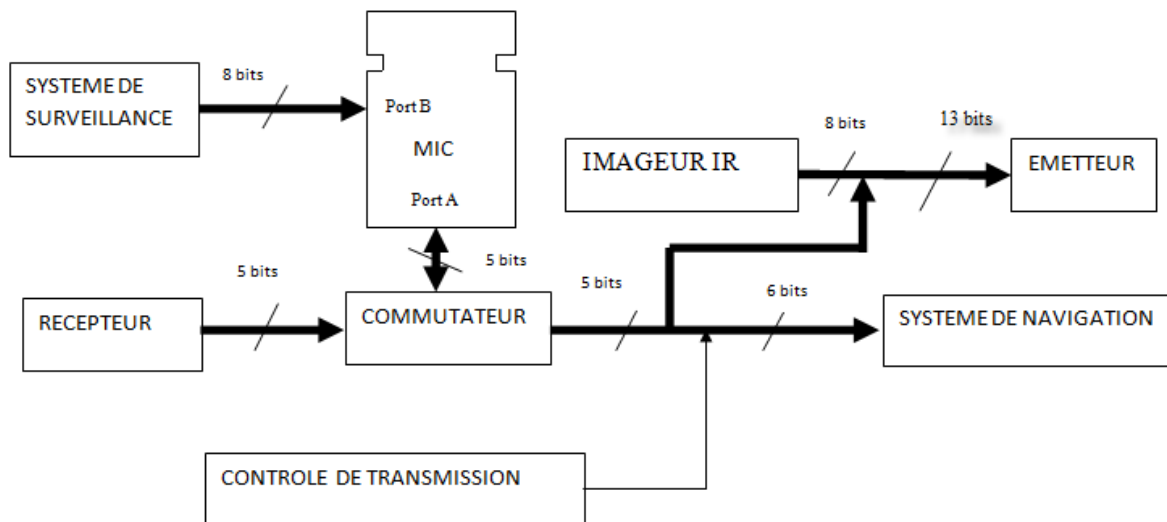
Ainsi dans ce qui va suivre, nous allons essayer d'étudier un système de surveillance des forêts. Nos études seront axées sur les équipements électroniques embarqués à bord d'un poursuiveur et l'organisation de la surveillance via une station au sol.

## CHAPITRE II ETUDE DU SYSTEME ELECTRONIQUES EMBARQUE DANS LE POURSUIVEUR

Quand on parle d'un système embarqué, on a des problèmes sur la miniaturisation du circuit imprimé et la diminution de consommation d'énergie, tout en intégrant le maximum des fonctions possibles. Dans ce chapitre, on va concevoir un système d'UEC. On essaye de réduire les composants électroniques utilisés pour éviter l'encombrement et pour augmenter l'autonomie en énergie du système.

### II.1 Organisation du système embarqué

Le système électronique embarqué est composé de quelques sous-systèmes : un système de surveillance d'environnement, un imageur assurant la détection de la cible, un émetteur pour transmettre les données, un récepteur, un circuit de contrôle de la transmission, un commutateur 5 bits, un bloc gérant la navigation et un microcontrôleur qui est le cerveau du système. Les organisations de ces sous-systèmes sont représentées sur la Fig. II.1.



**Figure II-1 :** Schéma synoptique du système à bord.

Le système a besoin d'un récepteur et d'un émetteur numérique pour assurer la liaison au sol. Le poursuiveur reçoit les ordres venant du système au sol via le récepteur. Cet ordre



passer d'abord dans le microcontrôleur et en cas d'obstacle, ce dernier gère un pilotage automatique du système. Dans ce cas les ordres du système, au sol pourront ne pas être exécutés sur le champ. Pour savoir si les ordres sont exécutés ou non, on envoie les données du système de navigation au sol. Une fonction du logiciel de traitement au sol les compare avec les ordres envoyés et cette fonction affiche le résultat à l'écran. Ces 5 bits du commutateur assurent donc le rapport d'exécution.

## **II.2 Détection des obstacles**

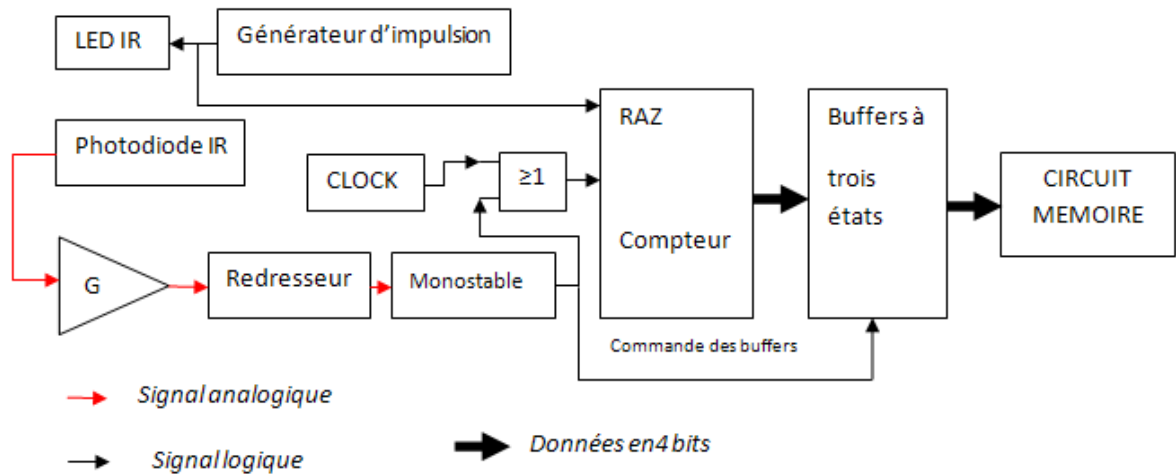
### **II.2.1 Détection**

Le poursuiveur est un système semi-automatique qui utilise plusieurs capteurs. Pour avoir les informations sur l'existence d'obstacles, on utilise le principe de la propagation et de réflexion des ondes électromagnétiques. Dans notre cas on émet des lumières infrarouges. Les obstacles vont refléter ces ondes vers notre poursuiveur. A la réception, on prendra compte de l'arrivée des informations et du retard mis entre l'envoi et la réception.

Pour simplifier l'étude, supposons que le poursuiveur ne peut faire marche arrière. Dans ce cas on peut restreindre l'environnement à surveiller. On implante des détecteurs dans les cinq points suivants : en bas, en haut, en avant, à gauche, et à droite du poursuiveur.

Pratiquement il faut créer des impulsions codées pour éviter l'erreur, provoquée par les interférences avec des autres ondes, à la réception du signal. Pour faciliter le travail, supposons simplement qu'on envoie une seule impulsion, mais répétée périodiquement. A la réception, ce signal s'affaiblira proportionnellement à la distance parcourue, alors il faudra l'amplifier avant toutes opérations [10].

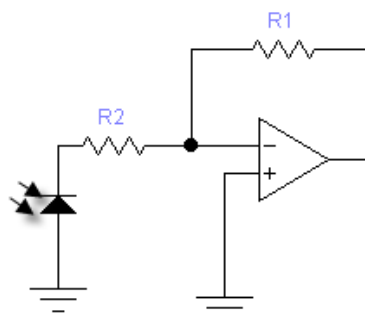
Un compteur binaire calcule le temps mis entre l'émission et la réception du signal. Les valeurs données de ce compteur, seront envoyées dans un circuit mémoire dès le retour du signal émis par le capteur. Une bascule monostable, montée en aval du détecteur, assure la mise en forme du signal reçu [11]. Le principe de la détection des obstacles est indiqué par la Fig.II.2.



**Figure II-2 :** Schéma synoptique du détecteur d'obstacle.

Les différents éléments de ce système ont les caractéristiques suivantes :

- Le générateur d'impulsion est un générateur de tension carré de largeur  $l_g$  et de période  $T_g$ .
- La LED et la photodiode infrarouge doivent avoir la même fréquence pour qu'ils puissent faire des dialogues.
- Le gain  $G$  est un amplificateur qui supporte la bande infrarouge. Cet amplificateur assure la régénération de l'amplitude du signal. La plus pratique est l'amplificateur inverseur grâce à sa stabilité.



**Figure II-3 :** Amplification du signal reçu [11]

Le gain d'amplification de ce circuit est  $G = -\frac{R_1}{R_2}$ .

- Le redresseur utilise des diodes à haute fréquence, un condensateur comme accumulateur d'énergie. Dans ce cas, il faut que la capacité du condensateur soit faible pour pouvoir négliger la constante du temps.
- Pour les autres éléments, il faut synchroniser leur mode de fonctionnement. Supposons que l'entrée de l'horloge du compteur soit active au front descendant, alors pour arrêter le comptage, il suffit de maintenir cette entrée au niveau H [12]. Pour cela, on va additionner le signal d'horloge à celui du monostable. Dès qu'on reçoit le reflet du signal émis, la bascule sort une tension niveau H pour arrêter le comptage et ouvrir l'interface entre le détecteur et logiciel du traitement. La période de cette bascule est ajustée au temps d'enregistrement des données. Pendant ce temps, il faut désactiver l'entrée RAZ du compteur, qui est active au niveau L, c'est là qu'intervient la deuxième porte OR [13], [14]. La période de l'horloge est obtenue par la relation suivante :

$$T_{ck} = \frac{T_g - l_g}{N}$$

Où  $T_{ck}$  : la période de l'horloge

$T_g$  : la période du générateur d'impulsion

$l_g$  : la largeur d'impulsion du générateur

$N$  : nombre d'impulsion compté entre deux émissions, dépendant de la période de l'horloge et celle du générateur d'impulsion.

La distance entre le poursuiveur et l'obstacle est donnée par la formule :

$$d = c \cdot \Delta t$$

Or  $\Delta t = n \cdot T_{ck}$  avec

- $d$  : la distance entre le poursuiveur et l'obstacle.
- $\Delta t$  : le temps mis entre l'émission et la réception du signal.
- $c$  : la célérité de lumière.
- $n$  : le nombre d'impulsion d'horloge compté entre deux émissions.

Pour éviter l'encombrement, on implante des LED IR et photodiodes IR autour du poursuiveur mais le circuit de traitement de signal est unique. Pour cela, il nous faut un circuit qui gère les capteurs.

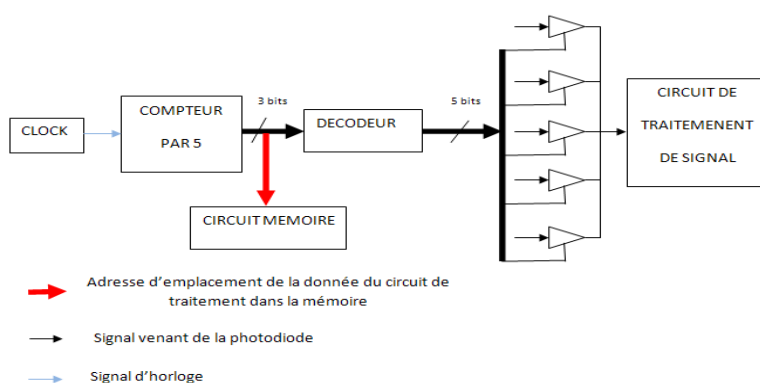
## II.2.2 Gestion des capteurs

A chaque sortie des redresseurs, on implante un interrupteur commandé pour pouvoir lire les informations issues des capteurs. Il nous faut, alors, un autre circuit complémentaire qui s'occupe de la gestion de capteurs. La table de vérité de ce circuit est donnée par le Tableau V.

**Tableau V** : Table de vérité de la gestion de capteurs.

Valeur dans le compteur	Valeur à la sortie du décodeur	Signification (position du capteur)
000	00000000	Attente
001	00000001	Avant
010	00000010	Droite
011	00000100	Gauche
100	00001000	Haut
101	00010000	Bas

Le circuit qui réalise cette tâche est le circuit de la Fig.II.4. Ce circuit comporte une horloge, un compteur et un décodeur qui joue le rôle de circuit d'interface entre les interrupteurs et le compteur. Il procure aussi une donnée codée sur trois bits pour la localisation du capteur.



**Figure II-4** : Circuit de gestion de capteurs.

Ce circuit écrit dans un emplacement mémoire, dont l'adresse est indiquée par les trois bits du compteur, la valeur donnée par les capteurs. Pendant la lecture des données, le logiciel de traitement envoie l'adresse correspondante à la position du capteur qu'on veut lire. Le circuit mémoire sort alors les données de ce capteur pour que le logiciel puisse les traiter.

Cette horloge n'est autre que le signal sortant du générateur d'impulsion précédent, afin d'assurer que la détection du retour des impulsions est bien répartie autour du poursuiveur. La récapitulation du cycle de lecture est représentée par le Tableau suivant :

**Tableau VI : Cycle de lecture des données des capteurs.**

Première impulsion	Lue par le capteur en avant
Deuxième impulsion	Lue par le capteur à droite
Troisième impulsion	Lue par le capteur à gauche
Quatrième impulsion	Lue par le capteur en haut
Cinquième impulsion	Lue par le capteur en bas
Après la cinquième impulsion, le cycle revient au départ.	

## II.3 Système de navigation

### II.3.1 Principe de fonctionnement

L'entrée du système de navigation est un port de 6 bits. Le sixième bit intervient lorsque la liaison entre le poursuiveur et le contrôle au sol est interrompue. La lecture des données s'effectue en deux étapes pour les cinq autres bits : d'abord, le contrôle de manœuvre, après la valeur de la vitesse souhaitée.

Pour le contrôle d'attitude, les 5 bits de poids inférieur reçoivent les ordres de pilotage en fonctionnement normal du système. Si la transmission fonctionne normalement  $D_5 = 0$ , et si la liaison est coupée  $D_5 = 1$ . En cas d'interruption (c'est-à-dire  $D_5 = 1$ ), le système de navigation gère un vol stationnaire pour éviter la disparition du poursuiveur avant le rétablissement de la transmission.

La répartition des tâches dans le système de navigation est comme suit :

- $D_3 D_2 D_1 D_0$  : Déterminent le manœuvre à exécuter. Toutes les caractéristiques de ce manœuvre sont données au Tableau VII.

- $D_4$  : Bit d'activation du manœuvre. Si  $D_4=0$  le système ignore les ordres de manœuvre, et le poursuiveur avance tout droit. Par contre si  $D_4=1$  le système doit faire le manœuvre.
- $D_5$  : Bit d'activation du vol stationnaire en cas de défaillance de liaison.

Le Tableau VII explique la lecture du manœuvre dans le système de navigation

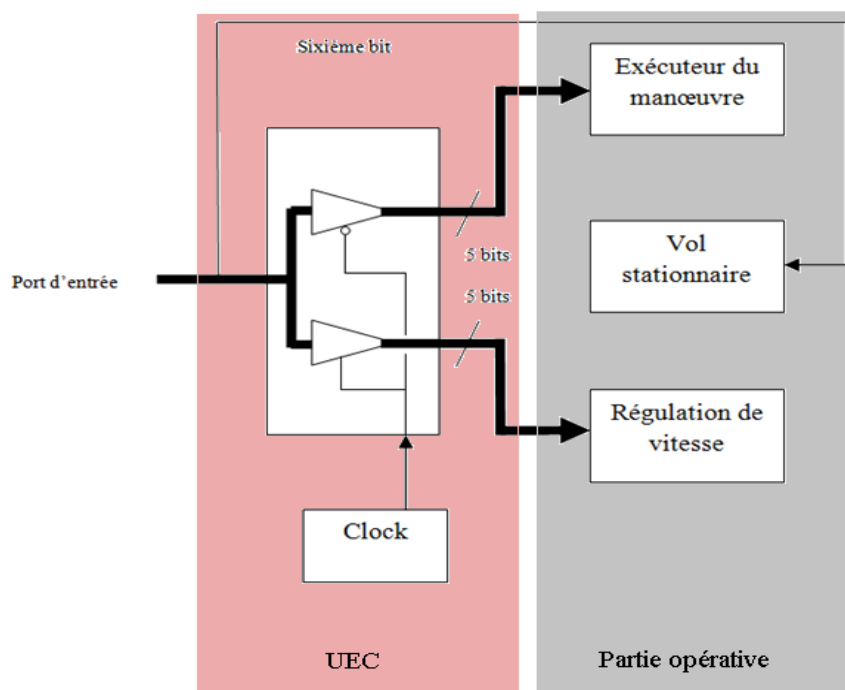
**Tableau VII :** *Caractéristiques du manœuvre en fonction de  $D_3 D_2 D_1 D_0$*

Bits de pas	Bits d'action	Action à exécuter	Nombre des pas à effectuer
$D_3D_2$	$D_1D_0$		
00	00	Descendre	Un pas
00	01	Tourner à droite	
00	10	Tourner à gauche	
00	11	Monter	
01	00	Descendre	Deux pas
01	01	Tourner à droite	
01	10	Tourner à gauche	
01	11	Monter	
10	00	Descendre	Trois pas
10	01	Tourner à droite	
10	10	Tourner à gauche	
10	11	Monter	
11	00	Descendre	Quatre pas
11	01	Tourner à droite	
11	10	Tourner à gauche	
11	11	Monter	

*Notons bien qu'un pas correspond à un angle de 15° pour les virages (à gauche et à droite). Pour les mouvements verticaux (montée et descente), un pas correspond à 1m de déplacement.*

### II.3.2 Le système de navigation

Le système de navigation est un système complexe formé par l'unité électronique de commande (UEC) et la partie opérative, qui est un ensemble des systèmes électromécaniques. Dans le présent mémoire, nous avons limité nos études aux conceptions des sous-systèmes électroniques du poursuiveur (ici, c'est l'UEC). Le principe général du système est représenté sur la Fig.II.5.



**Figure II-5 : Système de navigation.**

Le système effectue la lecture des données en deux temps : au premier top d'horloge il lit l'ordre de manœuvre, et la valeur de la vitesse, au top suivant. Le « vol stationnaire » est exécuté, lorsque le sixième bit du port est au niveau H.

## II.4 Détection de la cible

Notre poursuiveur a pour mission de poursuivre une cible dans un parc. Comme les cibles peuvent être des hommes ou du feu qui ont une température supérieure à celle de la température ambiante, ainsi, l'utilisation d'un imageur IR est commode pour capter des images thermiques de ces derniers.

On envoie les images sous forme vidéo, et le contrôleur au sol définit la cible. Comme on utilise la **thermographie**, c'est-à-dire une capture d'image à distance qui permet une analyse d'information thermique, le verrouillage de la cible est obtenu par le traitement de l'image vidéo. Dès que la cible est verrouillée, l'unité de traitement au sol va émettre, en temps réel, les ordres de poursuite [15].

L'affichage en temps réel, avec les images, des coordonnées du poursuiveur serait donc nécessaire (par le biais des données du GPS embarqué à bord).

*On remarque que la **thermographie** est possible grâce à l'utilisation d'une caméra thermique infrarouge et cette image thermique créée par la caméra, représente une carte de distribution de l'énergie rayonnée de la cible [16].*

La Figure II.6 montre la ressemblance entre l'image réelle et l'image thermique.



**Figure II-6 : Image réelle et image thermique.**

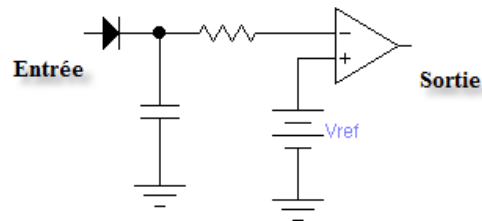
## II.5 Test de transmission et commutateur

### II.5.1 Circuit test de transmission

Afin de tester si le mécanisme de transmission des données fonctionne bien, du système de contrôle au sol vers le poursuiveur, on prélève la tension à la sortie du



démodulateur de l'émetteur, puis on la compare avec une référence. Lorsque la transmission est coupée cette tension devient presque nulle, donc la valeur à la sortie du comparateur bascule en niveau H et elle reste à ce niveau pendant la coupure [11]. Le circuit de la Fig.II.7 accomplit cette tâche.

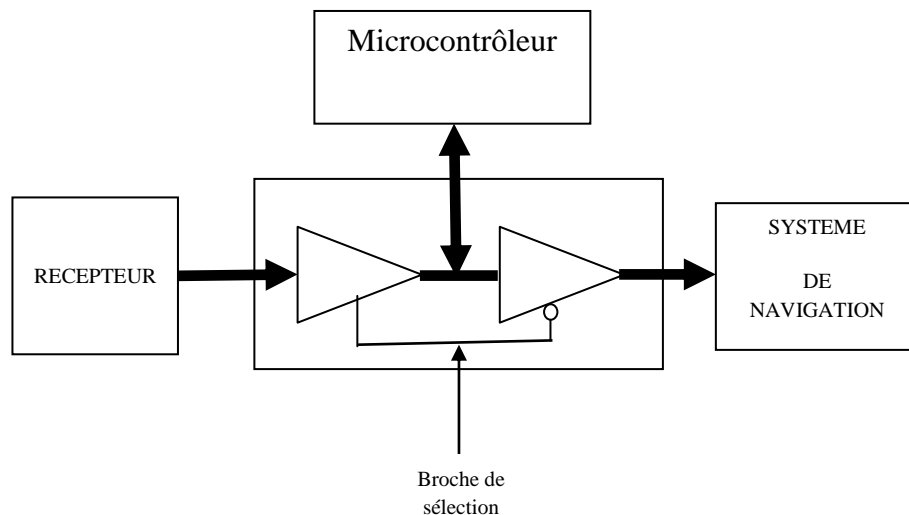


**Figure II-7 :** *Circuit pour test de transmission.*

### II.5.2 Le commutateur

Ce circuit assure l'acheminement des données reçues par le récepteur vers le microcontrôleur pendant la lecture du port A, puis il achemine à nouveau les ordres venant du microcontrôleur vers le système de navigation.

La Figure II.8 explique le principe de fonctionnement du commutateur.



**Figure II-8 :** *Principe de la commutation.*

## II.6 Le microcontrôleur

Pour gérer le système embarqué, nous avons besoin d'un microcontrôleur. Nous avons choisi le PIC 16F84 pour accomplir ce rôle. Le choix de ce circuit est basé sur les trois critères suivants : il est moins cher, moins encombrant et surtout il est compatible à notre système [17].

### II.6.1 Caractéristiques et technologie du circuit 16F84

Ce modèle de PIC (*Programmable Interface Controller*) est un circuit de petite taille, fabriqué par la Société américaine Arizona MICROCHIP Technology.

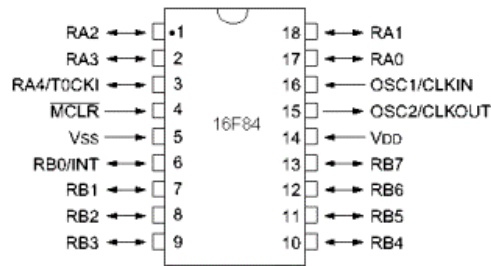
A première vue, il fait penser à un banal circuit intégré logique TTL ou MOS, plutôt qu'à un microcontrôleur. Son boîtier est un DIL (*Dual In Line*) de 2x9 pattes.

En dépit de sa petite taille, il est caractérisé par une architecture interne qui lui confère une souplesse et une vitesse incomparables.

Ses principales caractéristiques sont :

- 13 lignes d'entrées/sorties, réparties en un port de 5 lignes (Port A) et un port de 8 lignes (Port B)
- alimentation sous 5V
- architecture interne révolutionnaire lui conférant une extraordinaire rapidité
- une mémoire de programme pouvant contenir 1.019 instructions de 14bits chacune (allant de l'adresse 005 à l'adresse 3FF)
- une mémoire RAM utilisateur de 68 emplacements à 8 bits (de l'adresse 0C à l'adresse 4F)
- une mémoire RAM de 2x12 emplacements réservée aux registres spéciaux
- une mémoire EEPROM de 64 emplacements
- une horloge interne, avec pré diviseur et chien de garde
- possibilité d'être programmé *in-circuit*, c'est à dire sans qu'il soit nécessaire de le retirer du support de l'application
- vecteur de Reset situé à l'adresse 000
- un vecteur d'interruption, situé à l'adresse 004

Le brochage du 16F84 est donné par la Fig.II.9.



**Figure II-9 : Brochage du 16F84.**

## II.6.2 Les rôles du microcontrôleur

Le microcontrôleur assure le fonctionnement du poursuiveur. Il reçoit les données des capteurs. Ces données sont traitées avec les ordres venant du système au sol. En cas d'obstacle, il utilise une fonction d'évitement que le système doit exécuter avant tous les autres applications. Sinon, il renvoie les ordres de pilotage donné par le système au sol.

Il gère aussi, toutes les évolutions de trajectoire venant du sol et l'environnement du poursuiveur. Donc, c'est le microcontrôleur qui donne les ordres définitifs à envoyer au système de navigation.

Le système embarqué dans le poursuiveur est formé par un microcontrôleur, qui est le cerveau du système, et des périphéries qui ont chacun des fonctions bien organisées. La repérage d'obstacle est assuré par plusieurs détecteur infra-rouge mais traité par un seul circuit, grâce à un module de gestion des capteurs.

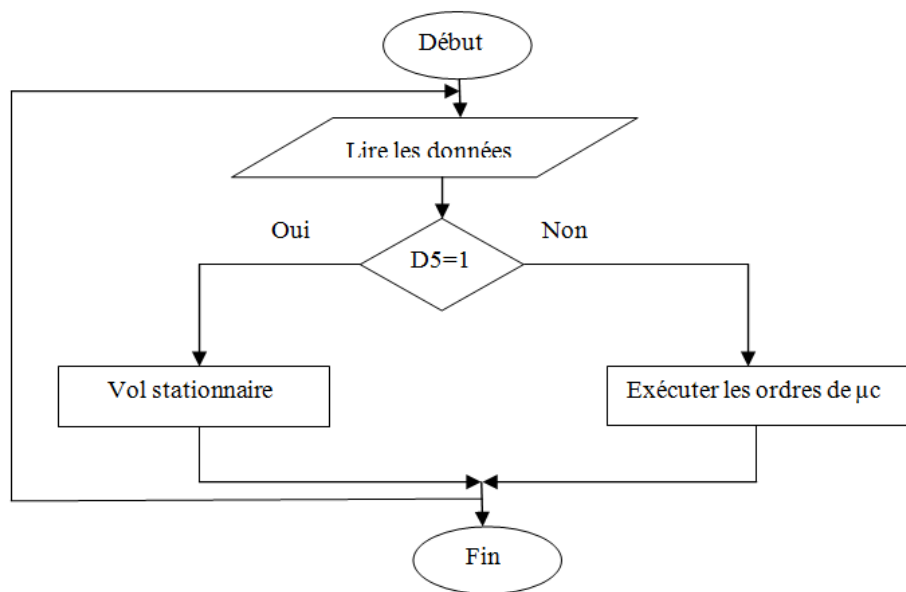
Le système de navigation, en fonctionnement normale du système entier, exécute les commandes du microcontrôleur. Mais il peut gérer un vol stationnaire en cas de besoin. Comme le but de ce projet est de chercher une cible, alors on doit embarquer aussi un imageur. Il capte des images vidéo, et ses images sont transmises au sol par un émetteur abord.

## CHAPITRE III LES ALGORITHMES DE CONTROLE DU SYSTEME EMBARQUE

Le microcontrôleur dans le poursuiveur n'est que le corps qui peut exécuter des ordres. Ils ont besoin des algorithmes pour pouvoir commander les actionneurs qui les entourent. Ces programmes sont conçus à traiter les commandes venant du sol et les données des capteurs. En fonctions de ces informations que le microcontrôleur gère la navigation du poursuiveur.

### III.1 Pour le système de navigation

Le système de navigation que nous avons proposé doit suivre une tâche bouclée. Cette tâche est donnée par l'organigramme de la Fig.III.1. Il doit avoir un minimum d'automatisme pour pouvoir gérer un vol stationnaire en cas de défaillance de transmission. Alors c'est un système plus ou moins intelligent.



**Figure III-1 :** *Algorithme du système de navigation.* [18]

Si le bit de test de coupure de transmission est actif le système de navigation gère directement un vol stationnaire.

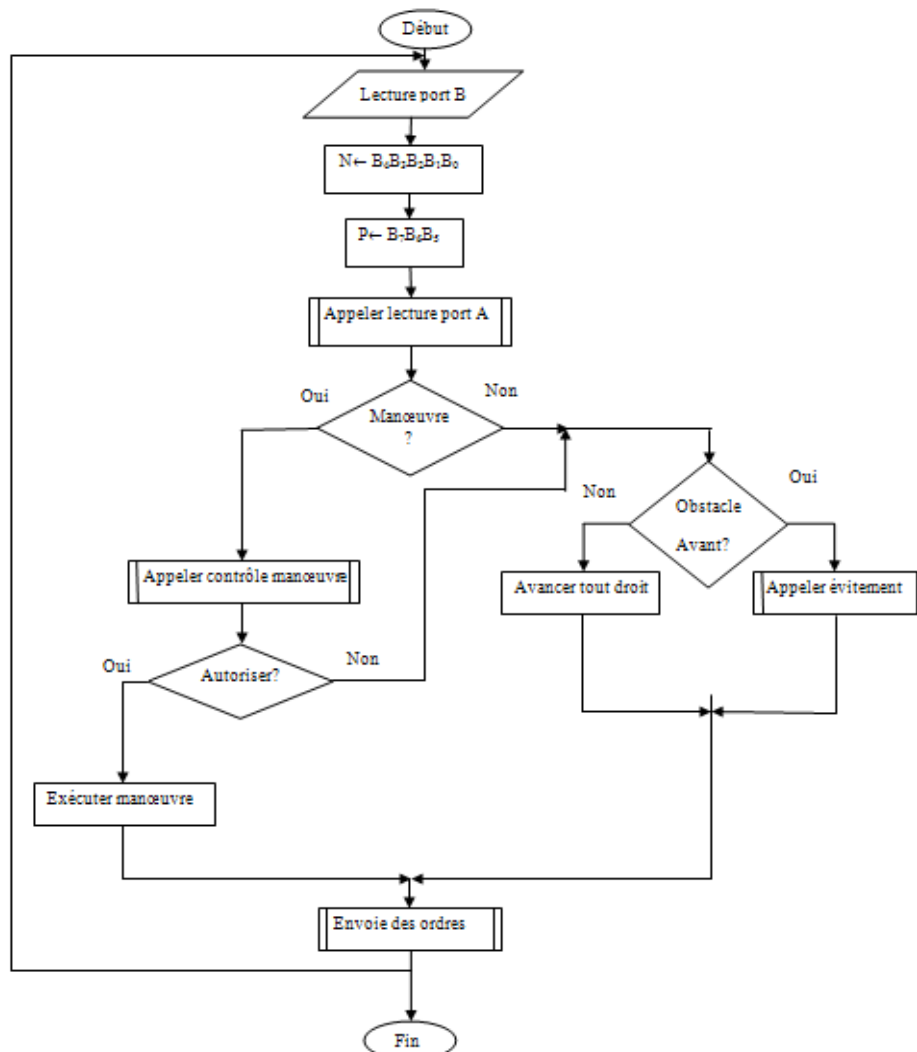
Les données venant du microcontrôleur sont envoyées en deux étapes : la première donne les ordres de manœuvre à effectuer, la seconde, la valeur de la vitesse de déplacement

souhaitée. La fonction « exécuter les ordres du microcontrôleur » doit alors faire, une deuxième lecture du port au second top d'horloge pour avoir la vitesse.

## III.2 Pour le microcontrôleur

### III.2.1 Algorithme principale du microcontrôleur

Le microcontrôleur fait une des données capteurs en envoyant l'adresse du capteur aux broches B<sub>7</sub>B<sub>6</sub>B<sub>5</sub>, et il les reçoit aux broches B<sub>4</sub>B<sub>3</sub>B<sub>2</sub>B<sub>1</sub>B<sub>0</sub> du port B. Il compare l'ordre venant du sol et les données capteur. Si l'environnement du poursuiveur permet d'exécuter l'ordre, le microcontrôleur l'envoie au système de navigation. Dans le cas contraire, il donne des ordres de vol à exécuter pour éviter les obstacles. L'algorithme principal du microcontrôleur est donné à la Fig.III-2.



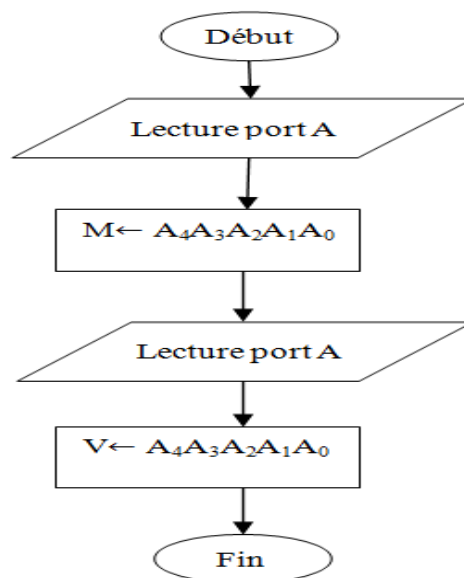
**Figure III-2 : Corps du programme dans le microcontrôleur.** [18]

Cet algorithme principal explique les traitements numériques dans le microcontrôleur. Il fait appel à des fonctions que nous allons détailler dans les prochains paragraphes.

### III.2.2 Réception des données et envoi des ordres

#### a) Lecture du port A

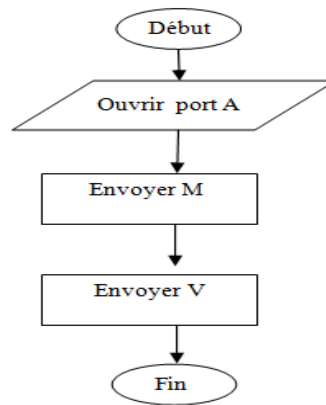
Le port A reçoit deux ordres successifs du système au sol. Au premier top d'horloge, on a les caractéristiques de la manœuvre. Au deuxième top d'horloge, on a la valeur de la vitesse du poursuiveur. L'algorithme de lecture du port A doit alors faire deux lectures successives. La Figure III.3 illustre cette lecture du port A.



**Figure III-3 :** *Lecture du port A.*

#### b) Envoi des ordres

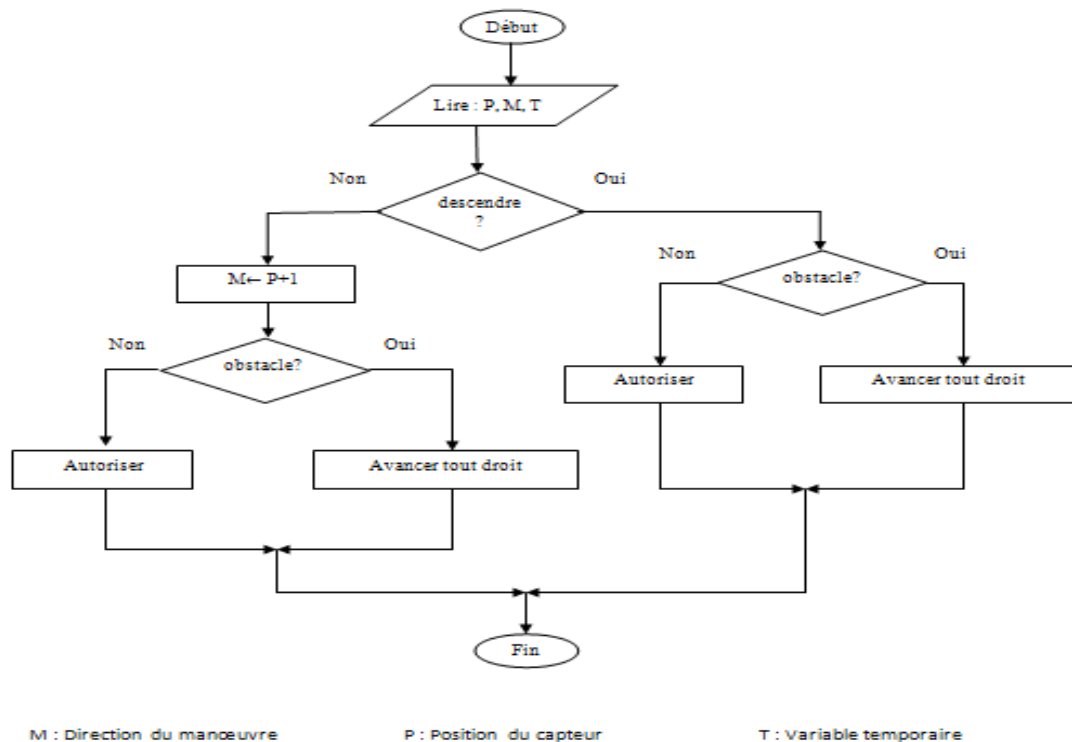
Après les traitements dans le microcontrôleur, il renvoie les résultats vers le système de navigation. Ces données vont sortir du port A. De la même façon que la lecture, l'envoi des données se fait en deux étapes. La Figure III.4 développe l'algorithme qui assure cette tâche.



**Figure III-4 : Envoi des ordres.**

### III.2.3 Contrôle manœuvre

La fonction « contrôle manœuvre » détermine si l'on peut accepter ou non la manœuvre définie par le pilotage automatique. Le principe de cette fonction est très simple : en cas de manœuvre, il faut vérifier si la direction désirée est libre : si oui, autoriser la manœuvre, si non appeler la fonction « esquive ». On définit cette fonction dans l'algorithme de la Fig.III.5.



**Figure III-5 : Contrôle manœuvre.**

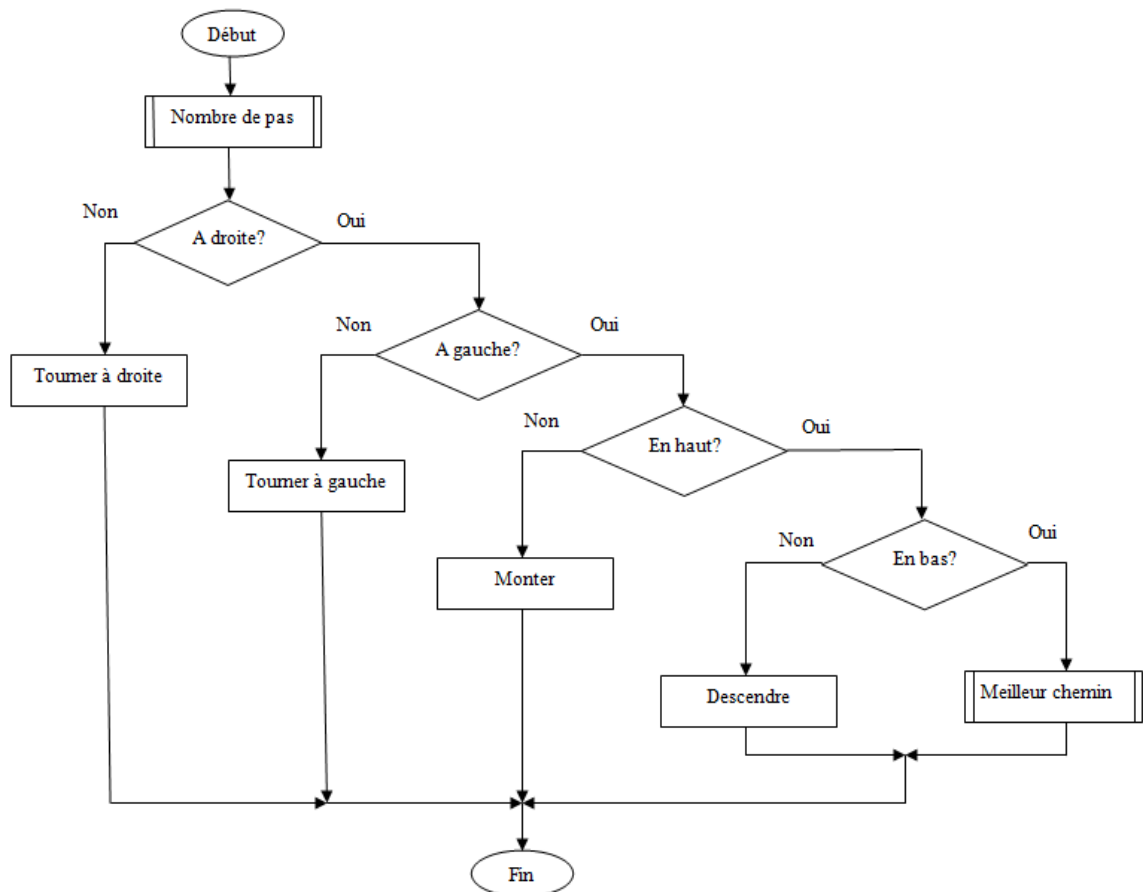


### III.2.4 Fonction d'esquive

Notre système opte toujours sur le choix d'avancer tout droit en cas de détection d'obstacle, sauf si l'obstacle est à l'avant. Alors la fonction « esquive » n'intervient que lorsqu'il y a d'obstacle devant notre poursuiveur.

Dans ce cas, il peut s'esquiver lui-même et choisir la direction libre en suivant l'ordre logique : premier choix à droite, deuxième choix à gauche, puis en haut et en dernier choix en bas. S'il est entouré par des obstacles, il va choisir le meilleur des chemins. C'est un cas très rare pour un système volant.

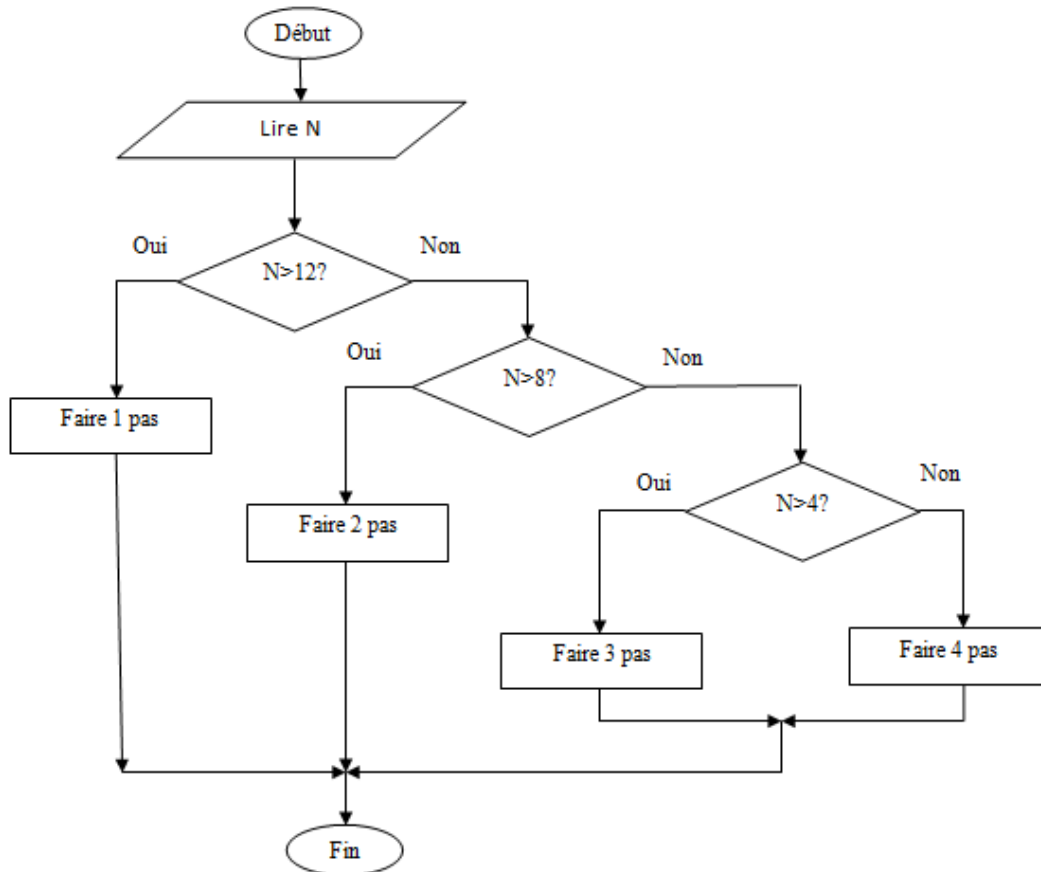
La Figure III.6 représente l'algorithme de ce processus.



**Figure III-6 : Algorithme d'esquive.**

### III.2.5 Détermination de nombre de pas

Lorsque le système exécute la fonction « esquivé », le nombre de pas à effectuer est fonction de la distance entre le poursuiveur et l'obstacle. On a donc besoin d'une fonction qui détermine le nombre de pas. Cette fonction est expliquée dans l'organigramme de la Fig.III.7.



**Figure III-7 :** Détermination de nombre de pas à effectuer.

Le poursuiveur agit logiquement selon ses actions antérieures et l'évolution de son environnement. Il arrive à gérer son vol grâce aux traitements des données de capteurs qui l'entourent, c'est un système intelligent.

Le système dispose également d'un minimum d'asservissement, pour pouvoir éviter les obstacles et assurer l'autopilotage en cas de coupure de transmission. En fonctionnement normal, la trajectoire du poursuiveur est prédéfinie dans le micro-ordinateur du contrôleur au sol, pour surveiller un endroit bien limité. Tous les principes de poursuite et de gestion de l'espace seront assistés par le système au sol.



## CHAPITRE IV APPLICATION ET REALISATIONS

Nous avons choisi le parc national d'Ankarafantsika comme domaine d'application. Actuellement, il est sous contrôle de « Madagascar National Parks ». Nous avons visité son site web pour savoir l'importance de ce parc sur la conservation de la biodiversité et sur l'économie nationale.

### IV.1 Description du parc

#### IV.1.1 Importance du parc national d'Ankarafantsika

Ankarafantsika est un repère d'oiseaux et de lémuriens. Une particularité qui fait de la conservation un véritable leitmotiv pour ce parc national. 8 espèces de lémuriens ont été observées à Ankarafantsika : une espèce diurne, 2 espèces mixtes, 5 espèces typiquement nocturnes dont les fameux *Microcebus*, les plus petits primates au monde. 129 espèces d'oiseaux nichent dans la forêt d'Ankarafantsika. 75 d'entre elles sont endémiques. Enfin, Ankarafantsika abrite aussi des reptiles endémiques locaux: caméléons, iguanes, serpents et tortues d'eau douce [19].

Les meilleurs faunes d'Ankarafantsika sont :

- Le Schetba rufa ou Paopaobava de son nom malgache est un oiseau terrestre, forestier et endémique. C'est une espèce diurne qui présente un dimorphisme sexuel.
- L'*Eulemur mongoz*, connu localement par son nom malgache, Dredrika, est un lémurien arboricole, endémique d'Ankarafantsika. Le Dredrika est diurne en saison de pluie et nocturne en saison sèche. C'est une espèce vulnérable.
- Lémurien endémique intégralement protégé, le *Cheirogaleus medius* ou Matavirambo est un lémurien arboricole. Le Matavirambo est un lémurien nocturne qui hiberne d'avril à septembre.
- L'*Acrantophis madagascariensis* ou « Do ».
- *Microcebus* qui est le plus petit des lémuriens. On peut noter à Ankarafantsika la présence de deux espèces sympatriques : *Microcebus murinus* et *Microcebus ravelobensis*.

- *Propithecus coquereli* est à compter parmi le meilleur de la faune d'Ankarafantsika. Espèce très appréciée des touristes car très spectaculaire.
- Aigle pêcheur de Madagascar ou *Haliaeetus vociferoides* : c'est une espèce endémique de Madagascar et c'est la seule espèce de rapace diurne classée à l'état critique en Afrique par l'IUCN en 2008.
- Le Faucon à ventre rayé ou *Falco zoniventris*, une autre espèce de rapace diurne.

La flore d'Ankarafantsika est très diversifiée. On y compte 823 espèces : 82% sont des plantes herbacées endémiques et 92% pour les plantes ligneuses. Les plus intéressantes sont :

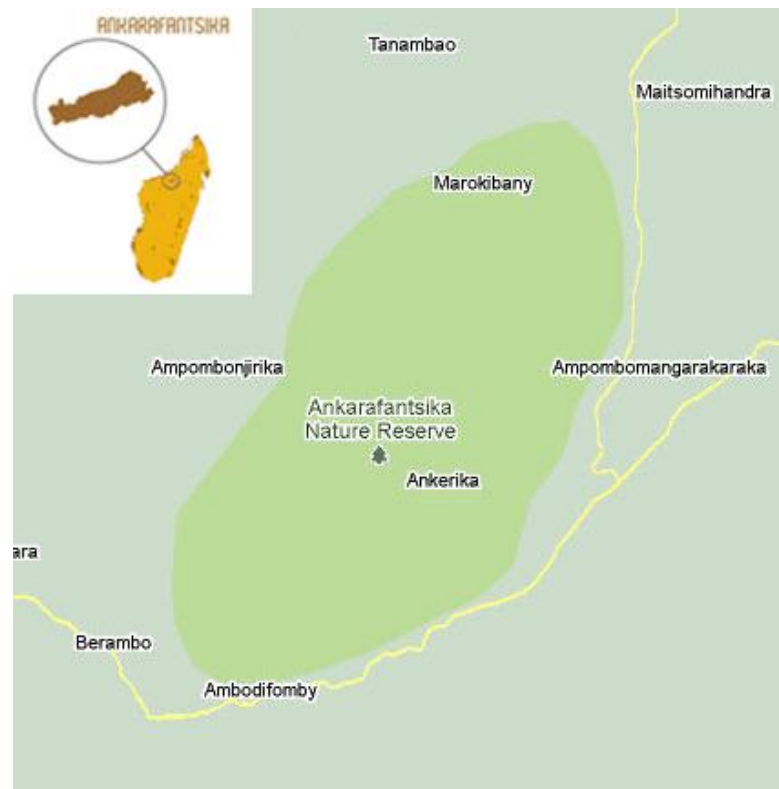
- Le Mpanjakaben'ny tany ou *Baudouinia fluggeiformis* est un arbuste endémique.
- Le *Cedrelopsis grevei* ou Katrafay de son nom malgache.
- Le Lohavato, *Hymenodictyon occidentale* de son nom scientifique, est un arbre de petite taille avec un fût rectiligne. Il est endémique.
- Et Le Sakoanala ou *Poupartia silvatica*.

Ankarafantsika rend un service très important sur la vie quotidienne et économique de sa région. La plaine de Marovoay, région agricole est arrosée par la rivière de Betsiboka à l'Ouest du parc. C'est au massif d'Ankarafantsika que l'agriculture doit sa récolte, grâce à une importante maîtrise de l'eau. Sur 38.000 hectares cultivés, 16.000 hectares sont irrigués à plein temps. Les rivières d'Ankarafantsika, en entraînant des sédiments retenus dans les marécages à raphia, protègent les rizières de la plaine de Marovoay. Les lacs de Tsimaloto, d'Ampijoroa, d'Antsimalo, d'Ankomakoma sont les derniers refuges de certains poissons, crocodiles et oiseaux d'eau.

En conclusion, le parc national d'Ankarafantsika est l'un des plus intéressants des parcs et des réserves naturelles de Madagascar.

#### IV.1.2 Localisation

Ankarafantsika est dans la région du Boina. La route nationale N° 4 traverse ce parc à 450 km d'Antananarivo et 114 km avant d'arriver à Mahajanga. À l'Est coule la rivière de Mahajamba et à l'Ouest, Betsiboka. Ankarafantsika occupe 135 000 ha. La Figure IV.1 localise ce parc sur la carte de Madagascar [19].



**Figure IV-1 :** *Localisation du parc national d'Ankarafantsika.*

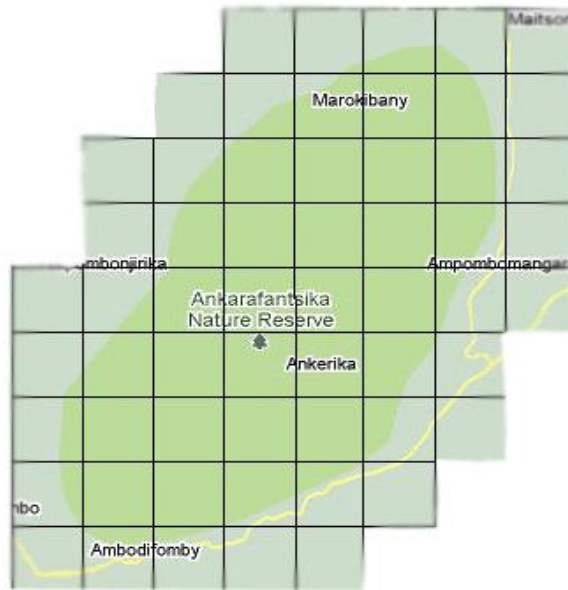
Suivant la carte géologique de Madagascar, cette zone appartient aux carrés N40 et O40, délimité par les points de coordonnées (440000, 1120000) et (500000, 1080000). Ankarafantsika est aussi repéré par les coordonnées GPS : 16°09 Sud et 46°57 Est.

## **IV.2 Simulations**

### **IV.2.1 Quadrillage du parc**

Pour faciliter la simulation de notre système, nous avons divisé notre zone d'étude en carreaux de surface 4820 ha à peu près chacun. Il occupe 28 carreaux. Mais comme la tâche de notre système est d'assurer la sécurité du parc à l'expansion des feux, surtout venant de l'extérieur, nous avons pris une marge d'un carreau autour de la périphérie. Finalement, les carreaux dans la zone à surveiller atteint le nombre de 58, ce qui est équivalent à surveiller une superficie de 280 000 ha à peu près.

La Figure IV.2 représente le quadrillage virtuel du parc.



**Figure IV-2 :** *Quadrillage du parc national d'Ankarafantsika*

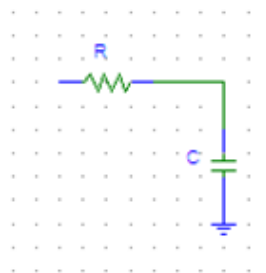
Pendant la surveillance, le poursuiveur doit passer au centre de chaque carreau, afin d'assurer qu'il puisse voir toute la zone durant un cycle de sa trajectoire.

#### IV.2.2 Temps de retard entre émission et réception du signal de détection

Le temps de retard est simulé par un pont RC et une porte logique CMOS. Dans ce cas, le retard est le temps de charge du condensateur de 0 à  $\frac{V_{DD}}{2}$ . Pour une porte logique CMOS  $\frac{V_{DD}}{2}$  est la limite de basculement à l'entrée [11] [12]. Théoriquement la valeur de ce retard est donnée par

$$\tau = RC \ln 2$$

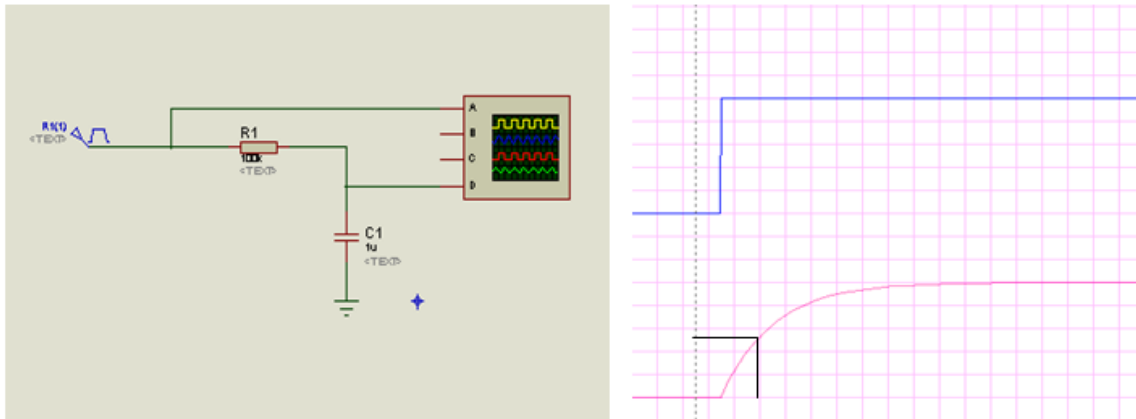
La Figure IV.3 représente le principe théorique de ce circuit.



**Figure IV-3 :** *Principe du model de retard.*

La Figure IV.4 montre le résultat de la simulation de notre model, en utilisant le logiciel Proteus. Ici la courbe en bleue représente la tension d'entrée du pont et le rouge représente la sortie. Les caractéristiques de l'oscilloscope sont :

- Pour l'axe des abscisses : 50mS/Div.
- Pour les ordonnées : 1V/Div.



**Figure IV-4 :** *Simulation du temps de retard.*

Les valeurs de la résistance et du condensateur sont respectivement 100kΩ et 1μF. La valeur théorique du retard est à peu près égale à 69mS, tandis que notre expérience indique 73mS. La différence entre ces valeurs est due aux caractéristiques imparfaites des composants et à l'erreur de lecture.

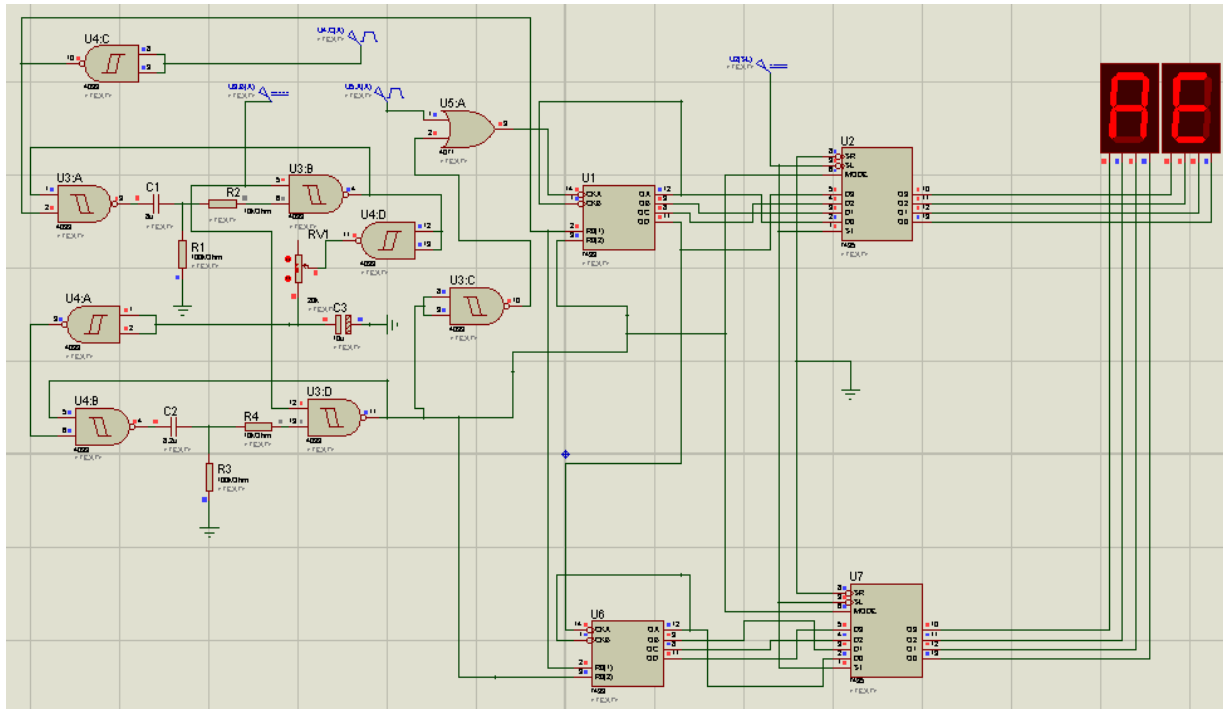
En réalité, le retard mis entre l'émission et la réception est de l'ordre de nano seconde, car la vitesse de propagation des ondes électromagnétique est proche à celle de la lumière. Pendant la simulation, nous avons choisi un temps assez long pour faciliter le comptage, car il nous faut des matériels plus sophistiqués, pour pouvoir réaliser un système qui peut compter le retard du trajet d'une onde électromagnétique.

#### IV.2.3Module de détection

Le modèle du module de détection comporte cette module du retard et d'autres circuits pour son comptage et son affichage en hexadécimal. Ce model suit les conceptions qu'on a fait dans le chapitre II (§ II.1.2 a).

La Figure IV.5 représente le circuit du model et le résultat de la simulation.





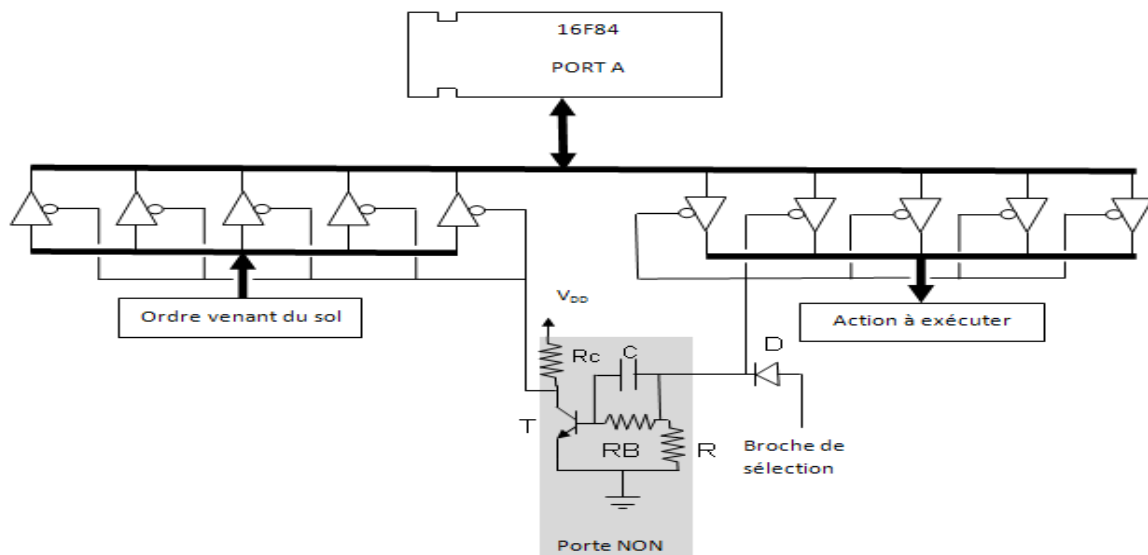
**Figure IV-5 : Module de traitement de signal**

Le module de détection des obstacles est en fait une macro modèle. Il faut donc intégrer tous les composants du circuit de traitement, pour avoir de précision du résultat.

## IV.3 Réalisations

### IV.3.1 Le commutateur

Notre commutateur est réalisé par des buffers à trois états. On utilise cinq buffers pour assurer l'entrée des ordres venant du sol, et cinq autre pour acheminer les « actions à exécuter » vers le système de navigation. Ces groupements ne doivent pas activer en même temps, alors nous avons besoin d'une porte NON pour assurer que les activations soient complémentaires. La Figure IV.6 représente le circuit de commutateur.



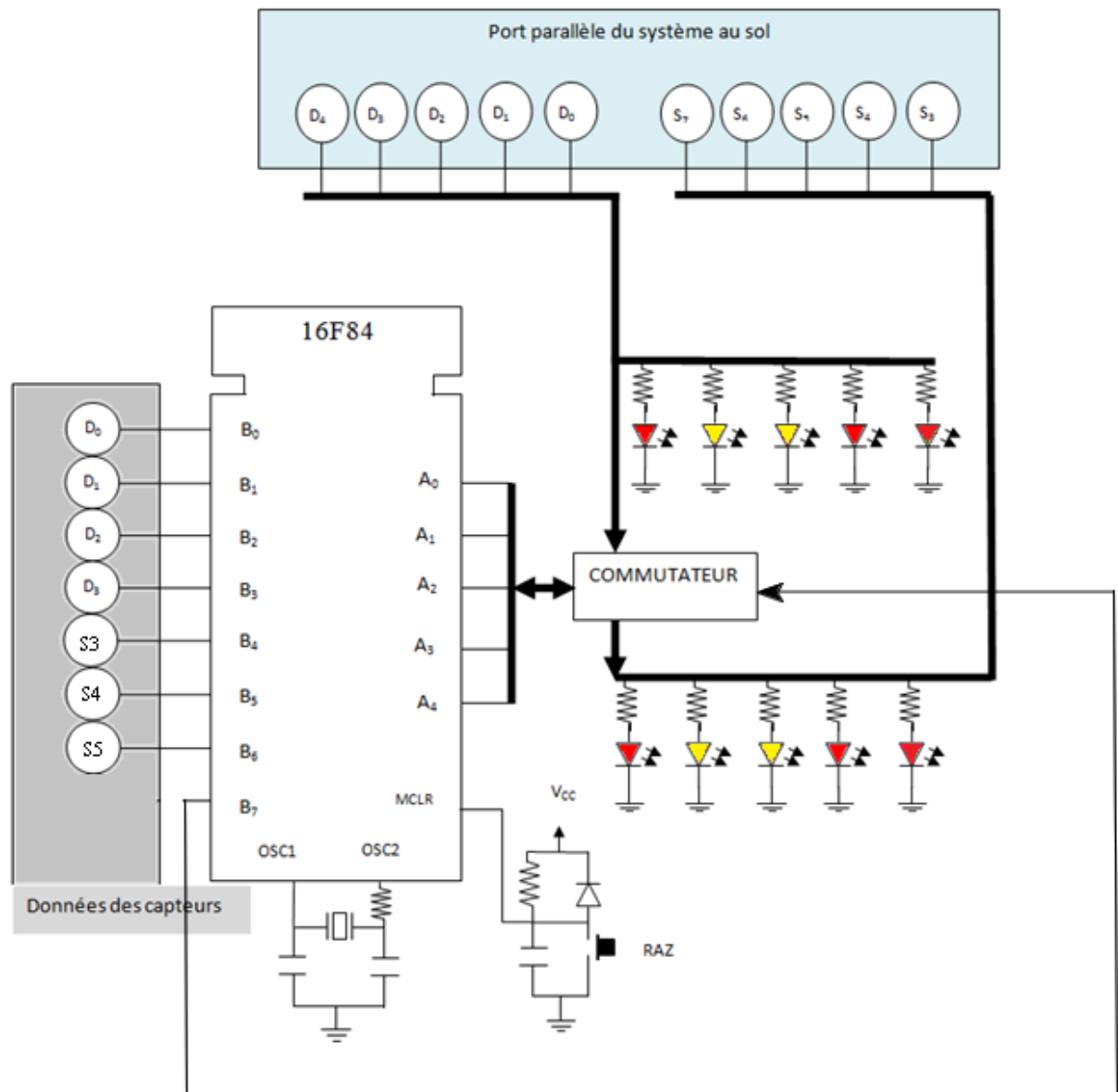
**Figure IV-6 : Schéma du commutateur.**

On a réalisé une porte NON à partir d'un transistor en régime « Tout Ou Rien ». Pour améliorer le temps de réponse, on a implanté un condensateur en shunt à la résistance de base. Cela a pour but de réduire le temps d'ouverture du transistor, en créant une impulsion de courant négative. D sert à isoler le circuit de commande à cette impulsion négative.

Ce circuit est implanté sur la carte de la figure 4.7. On l'a réalisé à l'aide des trois circuits intégrés en technologie TTL : « 74125 ». Chaque circuit intégré comporte quatre « buffer à trois états » qui sont actives à l'état bas.

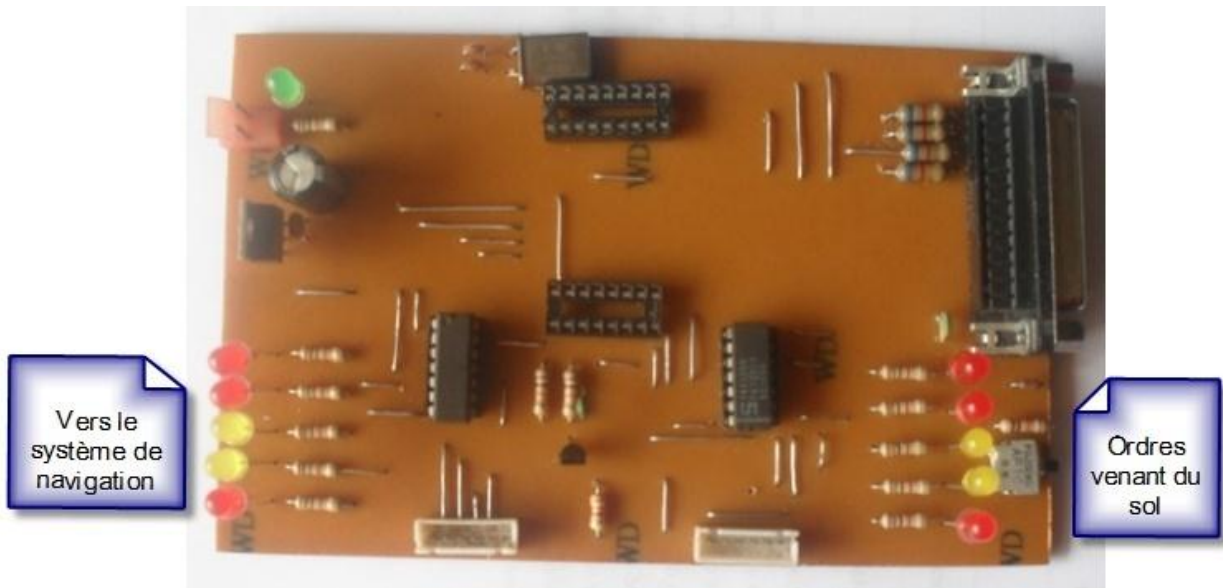
### IV.3.2 Simulation du système embarqué

Nous n'avons pas la possibilité de réaliser le système embarqué tout entier, mais nous arrivons à concevoir un circuit qui contrôle les fonctionnements du microcontrôleur. Les données des capteurs seront simulées par des données programmées dans un micro-ordinateur. On utilise des LED pour voir les ordres venant du système au sol et les données du système de navigation. Le montage de la Fig.IV.7 représente ce circuit de simulation.



**Figure IV-7 :** *Circuit de simulation du microcontrôleur.* [20], [21]

En fait, ce schéma n'est que le principe général du circuit de simulation, car on doit considérer certains critères technologiques pour la réalisation. Par exemple pendant la conception de notre carte, nous avons mis des résistances entre le port parallèle, qui simule les données capteurs, et le microcontrôleur. Ces résistances servent à protéger le port en cas de défaillance du circuit de simulation. La carte que nous avons réalisée est représentée par la Fig.IV.8.

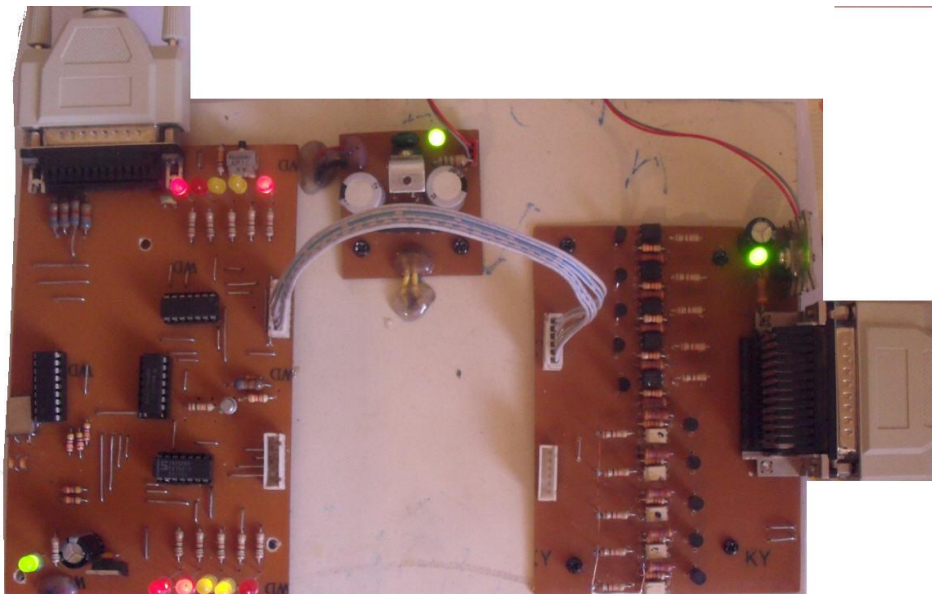


**Figure IV-8 :** *Circuit de simulation du système embarqué*

*L'alimentation des chaque carte est assurée par un régulateur 7805. Une LED verte, montée en aval du régulateur, marque la présence de la tension d'alimentation.*

### IV.3.3 Tests

Nous avons testé notre circuit. Un résultat de nos essais est représenté par la FigIV.9.



**Figure IV-9 :** *Essai de simulation du système.*

Ici, on voit bien que l'ordre venant du sol est '10001', qui est équivalent à « faire un manœuvre de 1 pas vers la droite ». Par contre l'ordre de navigation géré par le microcontrôleur est de continuer tout droit ('01111'). Cette différence est due à la présence d'un obstacle vu par le capteur droit du poursuiveur. Le Tableau X et XI résumes quelques résultats de nos essais avec les données capteurs du Tableau IX.

**Tableau VIII : Simulation des données capteurs.**

Position du capteur	Essai N°01		Essai N°02	
	Valeur	Signification	Valeur	Signification
Avant	<b>1111</b>	Sans obstacle	<b>0110</b>	Obstacle à 6 [u.l]
Droite	<b>1110</b>	Obstacle à 14 [u.l]	<b>1000</b>	Obstacle à 8 [u.l]
Gauche	<b>0111</b>	Obstacle à 7 [u.l]	<b>1111</b>	Sans obstacle
Haut	<b>1111</b>	Sans obstacle	<b>1111</b>	Sans obstacle
Bas	<b>1111</b>	Sans obstacle	<b>0101</b>	Obstacle à [u.l]

[u.l] est l'unité de longueur du capteur. Elle dépend de la conception du module de détection.

Les données capteur sont données à 4 bits. Elles donnent les distances entre le poursuiveur et les obstacles. Si la valeur captée est égale à 1111 (15 en 'base 10'), le microcontrôleur considère qu'il n'y a pas d'obstacle.

**Tableau IX : Résultats du premier essai**

Ordre venant du sol		Ordre de navigation	
Valeur	Signification	Valeur	Signification
<b>0111</b>	Avancer tout droit	<b>0111</b>	Avancer tout droit
<b>10001</b>	Virer à droite de 15°	<b>0111</b>	Avancer tout droit
<b>10010</b>	Virer à gauche de 15°	<b>0111</b>	Avancer tout droit
<b>10011</b>	Monter 1m	<b>10011</b>	Monter 1m
<b>10000</b>	Descendre 1m	<b>10000</b>	Descendre 1m

**Tableau X : Résultats du deuxième essai**

Ordre venant du sol		Ordre de navigation	
Valeur	Signification	Valeur	Signification
0111	Avancer tout droit	11011	Monter 3m
10001	Virer à droite de 15°	11011	Monter 3m
10010	Virer à gauche de 15°	10010	Virer à gauche 15°
10011	Monter 1m	10011	Monter 1m
10000	Descendre 1m	11011	Monter 3m

## IV.4 Amélioration et perspectives

### IV.4.1 Poursuite automatique

Si on veut procéder une poursuite automatique d'une cible mobile, on doit concevoir un système qui peut reconnaître l'aspect de la cible. Le meilleur moyen est d'utiliser le traitement d'image.

On définit tous les aspects possibles d'une cible dans une librairie du logiciel de contrôle. Ce logiciel recherche l'une de ces formes dans les images reçues, en utilisant la technique de la segmentation d'image. S'il trouve un suspect, il fait l'étude de l'évolution de position de cet objet pour pouvoir estimer le prochain déplacement possible. Alors la poursuite consiste à déplacer le poursuiveur vers la direction, le plus probable, de la prochaine action de la cible.

### IV.4.2 Atterrissage automatique en cas de défaillance de transmission

En cas de coupure de transmission, notre poursuiveur gère un vol stationnaire pour éviter sa disparition. Ce système de sécurité est efficace, si le problème de transmission se trouve au sol. Si par malheur, les matériels de liaison embarqués sont défectueux, la récupération du poursuiveur est très difficile. Pour améliorer notre système, il est bien envisageable de procéder à l'atterrissage automatique en cas de problème de transmission.

La solution consiste à embarquer des systèmes d'aide à la navigation pour accomplir cette tâche. Il faut installer les matériels correspondant à ces système, comme *I'ILS*.

#### IV.4.3 Utilisation d'un microcontrôleur plus performant

Pour améliorer notre poursuiveur, il est raisonnable d'utiliser un microcontrôleur plus performant que le 16F84. Ceci a pour but d'avoir les avantages suivants :

- Réduire l'encombrement du système embarqué
- Avoir une meilleure vitesse de traitement des données
- Avoir des informations plus précises de l'environnement du poursuiveur (information codée sur 8 bits, 16 bits).
- Capacité de stocker des algorithmes plus complexes pour le pilotage automatique du poursuiveur.

Les datasheets des microcontrôleurs de MICROCHIP sont disponible gratuitement sur son site web. La technologie des PIC 32F permet d'avoir toutes les avantages cités ci-dessus.

Dans sa vaste surface de 135 000 ha, le Parc National d'Ankarafantsika abrite 8 espèces de lémuriens, 129 espèces d'oiseaux dont 75 sont endémiques, est des reptiles endémiques. Sur le plan éco-touristique, sa richesse en biodiversité apporte des importants devises pour Madagascar. De plus, 38 000 ha de l'agriculture du Boina dépendent de la réserve d'eau de ce parc. Ce pourquoi on a l'intérêt de protéger Ankarafantsika. Pour mieux le sécuriser on a sectionné la surface du parc en plusieurs carreaux.

On a simulé les principes de fonctionnement des circuits électroniques embarqués dans le poursuiveur. Les résultats des essais qu'on avait faits, montrent le bon fonctionnement du système et son efficacité. Mais le système a encore des inconvénients qui ont besoin d'être améliorés.



## CONCLUSION

La forêt joue un rôle très important dans la régulation des GES. Environ 600 tonnes de CO<sub>2</sub> sont absorbés par ha de forêt mais la déforestation devenue un problème mondiale. Soucieux de ce problème de la dégradation de l'environnement, il est important de rechercher des solutions. Ainsi, il est nécessaire de procurer des systèmes de surveillance pour mieux préserver et mieux garantir la protection de l'environnement à l'avenir, car la conservation des biodiversités, des aires protégées, constitue une ressource socio-économique intéressante. Le système de poursuite est un moyen efficace pour accomplir ce type de mission.

Dans le présent mémoire, nous avons essayé de concevoir un système, qui détecte tous dangers pouvant survenir comme les feux. Ce système est géré par un microcontrôleur pour bien organiser sa tâche et son vol. Il est programmé à recevoir des ordres au sol et de les exécuter s'il n'y a pas des obstacles. Le poursuiveur porte un imageur IR qui permet de suivre les évolutions du danger afin de limiter le dégât. Vue l'importance d'un parc national, notre étude est limitée dans le parc national d'Ankarafantsika et ses périphéries, mais on peut l'étendre à des régions beaucoup plus vaste, voire même à l'échelle nationale.

Notre système peut gérer les ordres de navigation du poursuiveur, en fonction de son environnement. Pourtant, il n'a pas encore les systèmes électromécaniques qui lui permettent de voler. L'asservissement du système de navigation est alors envisageable pour la suite de notre recherche.

## ANNEXE I : EXTRAIT DU PROTOCOLE DE KYOTO [22]

...

### Article 10

Toutes les Parties, tenant compte de leurs responsabilités communes mais différenciées et de la spécificité de leurs priorités nationales et régionales de développement, de leurs objectifs et de leur situation, sans prévoir de nouveaux engagements pour les Parties qui ne sont pas visées à l'annexe I mais en réaffirmant ceux qui sont déjà énoncés au paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention et en continuant à progresser dans l'exécution de ces engagements afin de parvenir à un développement durable, compte tenu des paragraphes 3, 5 et 7 de l'article 4 de la Convention:

a) Élaborent, lorsque cela est pertinent et dans la mesure du possible, des programmes nationaux et, là où il y a lieu, régionaux, efficaces par rapport à leur coût pour améliorer la qualité des coefficients d'émission, des données sur les activités et/ou des modèles locaux et reflétant la situation économique de chaque Partie, dans le but d'établir puis de mettre à jour périodiquement des inventaires nationaux des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits des gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, en utilisant des méthodologies comparables qui devront être arrêtées par la Conférence des Parties et être conformes aux directives pour l'établissement des communications nationales adoptées par cette même Conférence;

b) Élaborent, appliquent, publient et mettent régulièrement à jour des programmes nationaux et, là où il y a lieu, régionaux, contenant des mesures destinées à atténuer les changements climatiques et des mesures destinées à faciliter une adaptation appropriée à ces changements;

i) Ces programmes devraient concerner notamment les secteurs de l'énergie, des transports et de l'industrie ainsi que l'agriculture, la foresterie et la gestion des déchets. En outre, les technologies d'adaptation et les méthodes visant à améliorer l'aménagement de l'espace permettraient de mieux s'adapter aux changements climatiques;

ii) Les Parties visées à l'annexe I communiquent des informations sur les mesures prises au titre du présent Protocole, y compris les programmes nationaux,

conformément à l'article 7; quant aux autres Parties, elles s'efforcent de faire figurer dans leurs communications nationales, s'il y a lieu, des informations sur les programmes contenant des mesures qui, à leur avis, aident à faire face aux changements climatiques et à leurs effets néfastes, notamment des mesures visant à réduire l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et à accroître l'absorption par les puits, des mesures de renforcement des capacités et des mesures d'adaptation;

c) Coopèrent afin de promouvoir des modalités efficaces pour mettre au point, appliquer et diffuser des technologies, savoir-faire, pratiques et procédés écologiquement rationnels présentant un intérêt du point de vue des changements climatiques, et prennent toutes les mesures possibles pour promouvoir, faciliter et financer, selon qu'il convient, l'accès à ces ressources ou leur transfert, en particulier au profit des pays en développement, ce qui passe notamment par l'élaboration de politiques et de programmes visant à assurer efficacement le transfert de technologies écologiquement rationnelles appartenant au domaine public ou relevant du secteur public et l'instauration d'un environnement porteur pour le secteur privé afin de faciliter et de renforcer l'accès aux technologies écologiquement rationnelles ainsi que leur transfert;

d) Coopèrent aux travaux de recherche technique et scientifique et encouragent l'exploitation et le développement de systèmes d'observation systématique et la constitution d'archives de données afin de réduire les incertitudes concernant le système climatique, les effets néfastes des changements climatiques et les conséquences économiques et sociales des diverses stratégies de riposte, et s'emploient à promouvoir la mise en place et le renforcement de capacités et moyens endogènes de participation aux efforts, programmes et réseaux internationaux et intergouvernementaux concernant la recherche et l'observation systématique, compte tenu de l'article 5 de la Convention;

e) Soutiennent par leur coopération et encouragent au niveau international, en recourant, s'il y a lieu, aux organismes existants, la mise au point et l'exécution de programmes d'éducation et de formation, y compris le renforcement des capacités nationales, en particulier sur le plan humain et institutionnel, et l'échange ou le détachement de personnel chargé de former des experts en la matière, notamment pour les pays en développement, et facilitent au niveau national la sensibilisation du public aux changements climatiques et l'accès de celui-ci aux informations concernant ces changements. Des modalités adaptées

devraient être mises au point pour que ces activités soient menées à bien par l'intermédiaire des organes pertinents relevant de la Convention, compte tenu de l'article 6 de celle-ci;

f) Font figurer dans leurs communications nationales des informations sur les programmes et activités entrepris en application du présent article conformément aux décisions pertinentes de la Conférence des Parties;

g) Prennent dûment en considération, dans l'exécution des engagements prévus dans le présent article, le paragraphe 8 de l'article 4 de la Convention.

## **Article 11**

1. Pour appliquer l'article 10, les Parties tiennent compte des dispositions des paragraphes 4, 5, 7, 8 et 9 de l'article 4 de la Convention.

2. Dans le cadre de l'application du paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention, conformément aux dispositions du paragraphe 3 de l'article 4 et de l'article 11 de celle-ci, et par le truchement de l'entité ou des entités chargées d'assurer le fonctionnement du mécanisme financier de la Convention, les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II de la Convention:

a) Fournissent des ressources financières nouvelles et additionnelles afin de couvrir la totalité des coûts convenus encourus par les pays en développement pour progresser dans l'exécution des engagements déjà énoncés à l'alinéa a) du paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention et visés à l'alinéa a) de l'article 10 du présent Protocole;

b) Fournissent également aux pays en développement Parties, notamment aux fins de transferts de technologies, les ressources financières dont ils ont besoin pour couvrir la totalité des coûts supplémentaires convenus encourus pour progresser dans l'exécution des engagements déjà énoncés au paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention et visés à l'article 10 du présent Protocole, sur lesquels un pays en développement Partie se sera entendu avec l'entité ou les entités internationales visées à l'article 11 de la Convention, conformément audit article. L'exécution de ces engagements tient compte du fait que les apports de fonds doivent être adéquats et prévisibles, ainsi que de l'importance d'un partage approprié de la charge entre les

pays développés Parties. Les orientations à l'intention de l'entité ou des entités chargées d'assurer le fonctionnement du mécanisme financier de la Convention figurant dans les décisions pertinentes de la Conférence des Parties, y compris celles qui ont été approuvées avant l'adoption du présent Protocole, s'appliquent mutatis mutandis aux dispositions du présent paragraphe.

3. Les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II de la Convention pourront également fournir, et les pays en développement Parties pourront obtenir, des ressources financières aux fins de l'application de l'article 10 du présent Protocole par voie bilatérale, régionale ou multilatérale.

## **Article 12**

1. Il est établi un mécanisme pour un développement «propre».

2. L'objet du mécanisme pour un développement «propre» est d'aider les Parties ne figurant pas à l'annexe I à parvenir à un développement durable ainsi qu'à contribuer à l'objectif ultime de la Convention, et d'aider les Parties visées à l'annexe I à remplir leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction de leurs émissions prévus à l'article 3.

3. Au titre du mécanisme pour un développement «propre»:

a) Les Parties ne figurant pas à l'annexe I bénéficient d'activités exécutées dans le cadre de projets, qui se traduisent par des réductions d'émissions certifiées;

b) Les Parties visées à l'annexe I peuvent utiliser les réductions d'émissions certifiées obtenues grâce à ces activités pour remplir une partie de leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction des émissions prévus à l'article 3, conformément à ce qui a été déterminé par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole.

4. Le mécanisme pour un développement «propre» est placé sous l'autorité de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole et suit ses directives; il est supervisé par un conseil exécutif du mécanisme pour un développement «propre».

5. Les réductions d'émissions découlant de chaque activité sont certifiées par des entités opérationnelles désignées par la Conférence des Parties agissant en tant que réunion des Parties au présent Protocole, sur la base des critères suivants:

- a) Participation volontaire approuvée par chaque Partie concernée;
- b) Avantages réels, mesurables et durables liés à l'atténuation des changements climatiques;
- c) Réductions d'émissions s'ajoutant à celles qui auraient lieu en l'absence de l'activité certifiée.

6. Le mécanisme pour un développement «propre» aide à organiser le financement d'activités certifiées, selon que de besoin.

7. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole élabore à sa première session des modalités et des procédures visant à assurer la transparence, l'efficacité et la responsabilité grâce à un audit et à une vérification indépendante des activités.

8. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole veille à ce qu'une part des fonds provenant d'activités certifiées soit utilisée pour couvrir les dépenses administratives et aider les pays en développement Parties qui sont particulièrement vulnérables aux effets défavorables des changements climatiques à financer le coût de l'adaptation.

9. Peuvent participer au mécanisme pour un développement «propre», notamment aux activités mentionnées à l'alinéa a) du paragraphe 3 ci-dessus et à l'acquisition d'unités de réduction certifiée des émissions, des entités aussi bien publiques que privées; la participation est soumise aux directives qui peuvent être données par le conseil exécutif du mécanisme.

10. Les réductions d'émissions certifiées obtenues entre l'an 2000 et le début de la première période d'engagement peuvent être utilisées pour aider à respecter les engagements prévus pour cette période.

...

## ANNEXE II : PROGRAMMATION DU MICROCONTROLEUR

Vue la faible capacité en mémoire de programmation du 16F84, on a utilisé le langage assembleur orienté pic [23], [24], [25].

```
LIST      p=16F84A                ; Définition de processeur
#include <p16F84A.inc>             ; Définitions des constantes

__CONFIG  _CP_OFF & _WDT_ON & _PWRTE_ON & _HS_OSC

#DEFINE buffer  PORTB,7           ; buffer
#DEFINE zero_flag  STATUS,Z       ; test si une valeur est 0
#DEFINE bit_man  PORTA,4          ; contrôle manœuvre

BANK0      macro
    bcf  STATUS , RP0              ; passer banque0
endm

BANK1      macro
    bsf  STATUS , RP0              ; passer banque1
endm

PORTA_ENTRE macro
    movlw 0x1F                     ; metre les 5 bits(w0-w4)à
    BANK1
    movwf TRISA                    ; portA entré
    BANK0
endm

PORTA_SORTIE macro
    BANK1
    clrf TRISA                     ; metre à0 trisa
    BANK0
    bcf  zero_flag                 ; remettre à 0
endm

config_b   macro
    movlw 0x0F
    BANK1
    movwf TRISB                    ; portB entrée
    BANK0
endm
```

```

reqrep_capt    macro
                movwf PORTB
                nop
                nop
                movf PORTB,w
                xorlw 0x90
                xorlw 0x0f
                btfss zero_flag
                endm

portb_manip    macro
                reqrep_capt
                goto evit
                goto sortie
                endm

;*****
;               DECLARATIONS DE VARIABLES                               *
;*****

                CBLOCK 0x00C                                ; début de la zone variables
                w_temp :1
                w_temp1 :1                                ; Zone de 1 byte
                status_temp : 1                            ; zone de 1 byte
                porta_temp:1                               ; zone de 1 byte
                compteur:1
                ENDC                                       ; Fin de la zone

;*****
;               DEMARRAGE SUR RESET                                   *
;*****

                org 0x000                                ; Adresse de départ après reset
                goto    init                             ; Adresse 0: initialiser

init
                clrf  PORTA                                ; Sorties portA à 0
                clrf  PORTB                                ; sorties portB à 0
                clrf  EEADR                                ; permet de diminuer la consommation
                bsf   STATUS,RP0                            ; sélectionner banque 1

; Effacer RAM
; -----
                movlw 0x0c                                ; initialisation pointeur
                movwf FSR                                  ; pointeur d'adressage indirect
init1
                clrf  INDF                                ; effacer ram
                incf  FSR,f                                ; pointer sur suivant
                btfss FSR,6                                ; tester si fin zone atteinte (>=40)
                goto  init1                                ; non, boucler
                btfss FSR,4                                ; tester si fin zone atteinte (>=50)
                goto  init1                                ; non, boucler

```



Evitement	; sous procédure
haut	
movlw 0xcf	; requête adresse capteur haut
reqrep_capt	
goto bas	
movwf w_temp	
movlw 0x13	
movwf w_temp1	
swapf w_temp, f	
swapf w_temp, W	
goto man_avec_pas	
bas	
movlw 0x9f	; requête adresse capteur bas
reqrep_capt	
goto gauche	
movwf w_temp	
movlw 0x10	
movwf w_temp1	
swapf w_temp, f	
swapf w_temp, W	
goto man_avec_pas	
gauche	
movlw 0xbf	; requête adresse capteur gauche
reqrep_capt	
goto droite	
movwf w_temp	
movlw 0x12	
movwf w_temp1	
swapf w_temp, f	
swapf w_temp, W	
goto man_avec_pas	
droite	
movlw 0xcf	; requête adresse capteur haut
reqrep_capt	
goto erreur	
movwf w_temp	
movlw 0x11	
movwf w_temp1	
swapf w_temp, f	
swapf w_temp, W	
goto man_avec_pas	
man_avec_pas	
sublw 0x0c	
btfsc STATUS, C	
goto pas1	
addlw 0x04	
btfsc STATUS, C	
goto pas2	
addlw 0x04	
btfsc STATUS, C	
goto pas3	

```

        goto pas4
pas1    swapf    w_temp1,f
        swapf    w_temp1,W
        return
pas2    swapf    w_temp1,f
        swapf    w_temp1,W
        addlw    0x04
        return
pas3    swapf    w_temp1,f
        swapf    w_temp1,W
        addlw    0x08
        return
pas4    swapf    w_temp1,f
        swapf    w_temp1,W
        addlw    0x0c
        return
erreur  movlw    0x00

        return
;*****
;                                     PROGRAMME PRINCIPAL      *
;*****

start
        config_b                                ;configuration du portB b0-
        PORTA_ENTRE
        movlw    0xff
        movwf    PORTB
        movf     PORTA,W
        movwf    porta_temp
        xorlw    0x00
        btfsc    zero_flag
        goto     start
        btfss    bit_man
        goto     droit
        goto     mantest
        droit
        bcf      PORTB,6
        bcf      PORTB,5
        bsf      PORTB,4
        reqrep_capt
        goto     esquive
        goto     sortie_dr
esquive
        call     evitement
        clrf     PORTB
        PORTA_SORTIE
        movwf    PORTA
        bcf      zero_flag
        clrwdt
        goto     init
        sortie_dr
        clrf     PORTB
        ; adresse du capteur avant
        ; non esquiver
        ; oui aller tout droit
        ; effacer watch dog

```

```

PORTA_SORTIE
movlw 0x0f
movwf PORTA
call tempo
bcf zero_flag
clrwdt
goto init
mantest
iorlw 0x0c
xorlw 0x1c
btfss zero_flag
goto desc
goto autre
desc
movlw 0xdf
portb_manip

autre
addlw 0x01
movwf w_temp
movlw 0x03
movwf compteur
swapf w_temp,f
swapf w_temp,w

boucle
bsf STATUS,C
rlf W,W
decfsz compteur,f
goto boucle
bcf STATUS,C
bsf W,1
portb_manip

evit
goto droit

sortie
swapf porta_temp,f
swapf porta_temp,W
clrf PORTB
PORTA_SORTIE
movwf PORTA
bcf zero_flag
call tempo
clrwdt
goto init

END

```

; effacer watch dog  
; recommencer au label start  
;label mantest  
;mis à 1 du pas  
;masquage de la direction  
;si le resultat est 0 donc A0A1=00  
  
;tester les autres manoeuvres!  
  
;requette données capteur(bas)  
  
;position du)  
;sauvegarde de w  
;initialisation du compteur  
  
;restauration de w  
  
;rotation gauche  
;decrementation de compteur  
  
; appeller la procédure control\_man  
  
; effacer watch dog  
; boucler  
  
; directive fin de programme

## **ANNEXE III : REALISATION DU PROGRAMMATEUR UTILISE [26]**

### ***a) Configuration matérielle***

Comme la plupart des circuits programmables, le PIC a besoin d'un circuit programmeur pour écrire le programme dans ce circuit. Le programmeur supporte la plupart des PIC 8, 18, 20, 28 et 40 pattes de Microchip, surtout les circuits récents, qui acceptent la programmation série.

Il se connecte sur le port parallèle de tout compatible PC fonctionnant au moins sous Windows 95. Il nécessite une alimentation, qui peut être continue ou alternative, comprise entre 12 et 30 volts, et qui n'a pas besoin d'être stabilisée. Un bloc secteur "prise de courant " ou n'importe quelle alimentation de laboratoire peut donc convenir d'autant que le débit nécessaire est inférieur à 100 mA. Compte tenu des performances de son logiciel de commande, il peut lire, vérifier, programmer et comparer les PIC sans aucune restriction, de même qu'il sait lire et programmer leurs " fusibles " de configuration. Il sait aussi effacer les circuits munis de mémoire de type EEPROM et permet l'accès à la mémoire de données des circuits dotés d'une telle mémoire lorsqu'elle est en technologie EEPROM également. Le circuit de ce programmeur est représenté par la Fig.A.1.

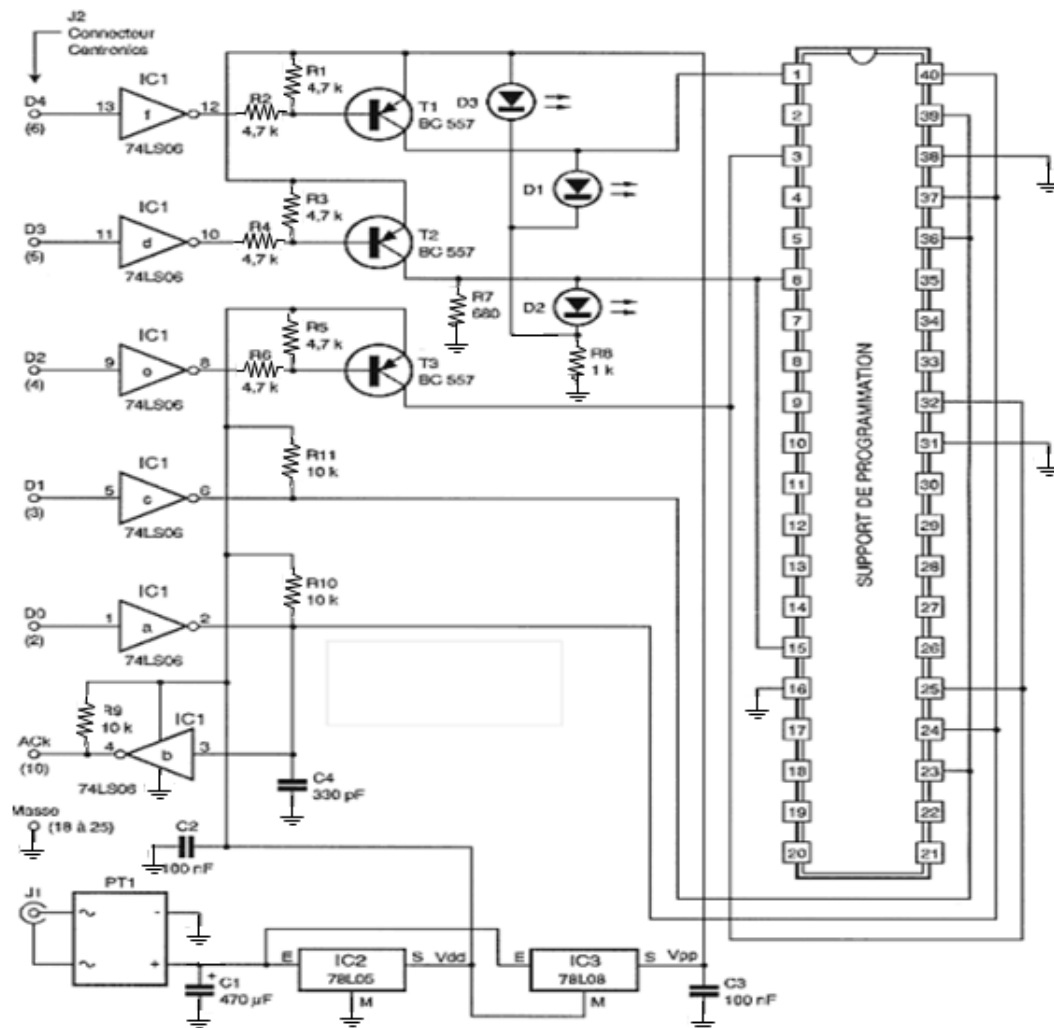


Figure A-1 : Circuit programmeur [26]

## Listes des composants

### Composants actifs

IC1 : 7406 ou 74LS06

IC2 : 78L05

IC3 : 78L08

PT1 : pont moulé 100 volts 1 ampère

D1, D2 : LED rouge de 5 mm

D3 : LED verte de 5 mm

T1, T2, T3 : BC 557, 558, 559

## Composants passifs

### Résistances 1/2 ou 1/4 de watt 5 %

R1, R2, R3, R4, R5, R6 : 4,7 k

R7 : 680

R8 : 1 k

R9, R10, R11 : 10 k

### Condensateurs

C1 : 470  $\mu$ F

C2, C3 : 100 nF

C4 : 330 pF

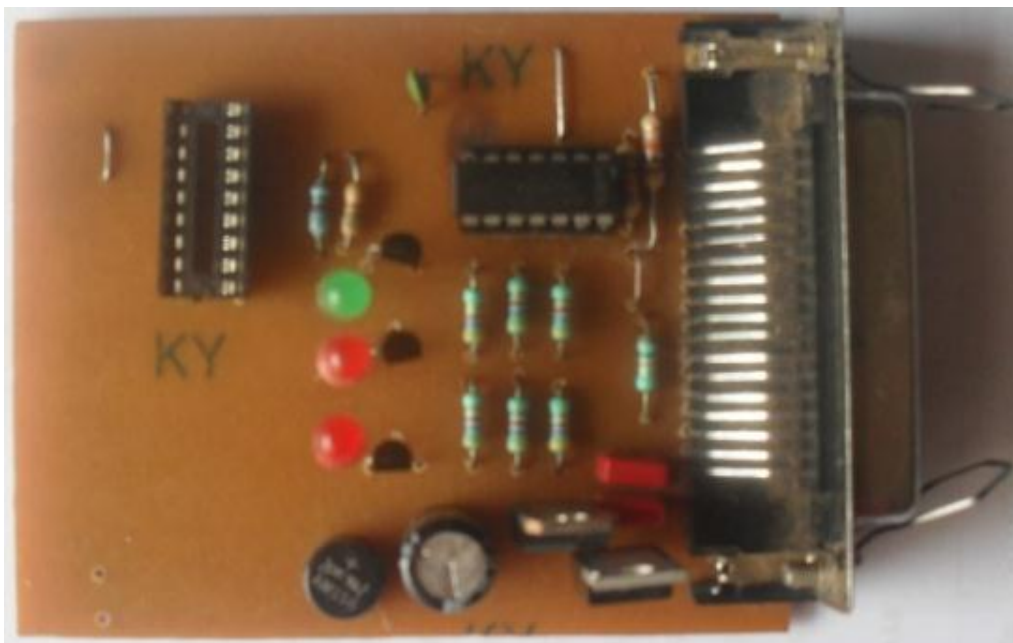
### Divers

J2 : connecteur Centronics femelle coudé à 90° pour circuit imprimé

Support de CI : 1 x 14 pattes

Support de programmation.

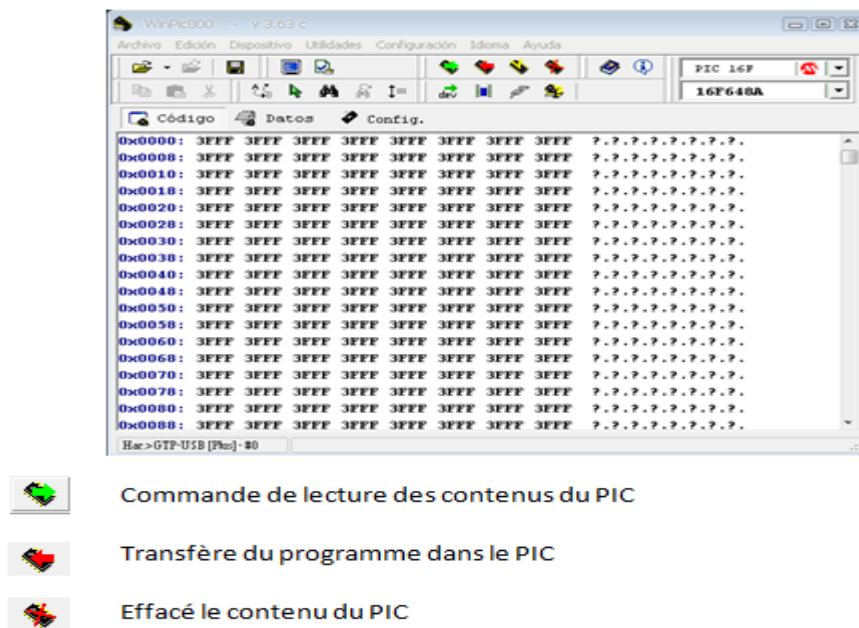
La Figure A.3 montre la photo de la réalisation de cette carte.



**Figure A-2 :** Carte programmeur.

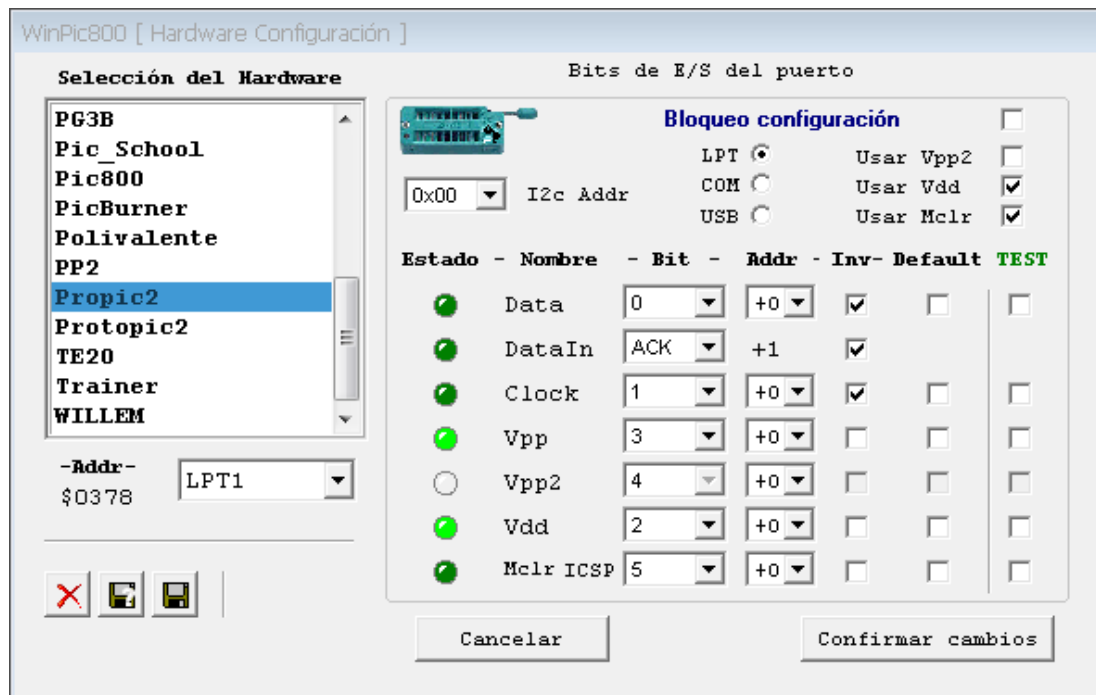
### b) Configuration logicielle

Nous avons utilisé le logiciel WinPic800 pour transférer le programme dans le PIC. Avant de faire quoi que ce soit, il faut sélectionner la référence du circuit que l'on veut programmer. Pour notre cas c'est le 16F84A. La Figure A.3 représente la fenêtre d'accueil du WinPic800.



**Figure A-3 : Fenêtre d'accueil du WinPic800**

Chaque circuit programmeur, a son propre configuration, pour ce logiciel la configuration hardware de notre circuit programmeur est représentée par la Fig.A.4.



**Figure A-4 :** Configuration correspond à notre programmeur.



## REFERENCES

- [1] : <http://www.planetoscope.com/environnement/forêts>.
- [2] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/feu-de forêt](http://fr.wikipedia.org/wiki/feu-de_forêt).
- [3] : <http://www.ufe.be/L'accord-de-kyoto-est-entre-en.html>.
- [4]: [http://pointcarbon.com/home carbon%2cmarket%20acategory894.html](http://pointcarbon.com/home_carbon%2cmarket%20acategory894.html)
- [5]:[http://www.effet-de-serre.gouv.fr/la forêt et l'effet de serre.pdf](http://www.effet-de-serre.gouv.fr/la_foret_et_l'effet_de_serre.pdf)
- [6] :<http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/Counprof/Madagascar.pdf>
- [7] : Cornell University – FOFIFA - INSTAT « Recensement des communes. Programme Ilo », 2001
- [8]: [http://www.meeft.gouv.mg/statistiques\\_environnementale.html](http://www.meeft.gouv.mg/statistiques_environnementale.html)
- [9]: Ministère de l'Environnement et des Forêts « DONNEES STATISTIQUE ENVIRONNEMENTALES DE MADAGASCAR »,2010
- [10] E-435, Cours de « Mesure des Grandeurs Physiques et Capteurs » en 4<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2009
- [11] E-310, Cours de «Technique de L'Electronique Discret» en 3<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2008
- [12] E-311 Cours de «Technologie des circuits numériques » en 3<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2008
- [13] E-301, Cours de « Circuit Séquentiel » en 3<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2008
- [14] Cours de « Logique combinatoire » en 2<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2007
- [15] <http://www.bdis.fr/contenu/thermographie%20infrarouge.pdf>
- [16] <http://www.agrireseau.qc-ca/agroenvironnement/documents/imageur1.php>
- [17] Pierre LOGLISCI « LE MICROCONTROLEUR PIC 16F84 » ,2008
- [18] Cours « d'informatique » en 2<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2007

[19] <http://www.contact@madagascar.national.parks.mg>

[20] E-303, cours de « Electronique Analogique » en 3<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2008

[21] E-402 Cours de « Fonction de l'Electronique Intégrée » en 4<sup>ème</sup> année, Département Electronique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, 2009

[22] <http://www.reglementatio-environnement.com/protocoledekyoto.pdf>

[23] <http://www.abcelectronique.com/bigonoff/organisation.php?2654c>

[24] <http://www.didel.com/picg/pigl.pdf>

[25] <http://www.microchip.com>

[26] <http://www.tavernier-c.com>

**AUTEUR : ANDRIANANDRIANINA Dio sitraka**

**TITRE : « SYSTEME DE POURSUITE APPLIQUE A L'ENVIRONNEMENT:  
CONTRIBUTION A LA CONCEPTION D'UN POURSUIVEUR»**

Nombre de pages : 57

Nombre de figure : 31

Nombre de tableau : 10

**RESUME**

Le présent mémoire est orienté sur la conception d'un système de poursuite d'une cible mobile appliqué dans la protection de l'environnement. Le poursuiveur est équipé de capteurs infrarouges pour détecter les obstacles quel que soit le mode de pilotage. La détection de la cible présente dans la zone à surveiller est assurée par des capteurs thermiques, embarqués dans le poursuiveur. Les systèmes embarqués sont gérés par un microcontrôleur PIC 16F84A. Au cours d'une opération le poursuiveur effectue des vols périodiques sur la zone à surveiller, en transmettant des informations à un système de contrôle au sol. En cas de problème de communication au sol, le système exécute un vol stationnaire. Et la poursuite de la cible est assistée par le système au sol.

**Mots clés :** détection, poursuite, poursuiveur, système embarqué, microcontrôleur, cible, capteur

**Encadreur :** Monsieur HERINANTENAINA Edmond Fils

**Adresse de l'auteur :**

Lot MB 110 Bis Mahabo Andoharanofotsy Antananarivo 102

**Contacts:**

Tél: (+261)32 58 635 79

E-mail : nandrianinadio@gmail.com