

Sommaire

Introduction.	p.2
I- Les démarches effectuées :	p.3
1/ Réalisation d'une patte.	p.3
2/ Choix des actionneurs.	p.5
3/ Choix de la partie commande.	p.6
II- Le matériel utilisé :	p.7
1/ Les pattes.	p.7
2/ Le servomoteur.	p.8
3/ Le microcontrôleur.	p.9
4/ Le programme.	p.11
III-Le robot actuel et son avenir :	p.14
1/ Performances de notre robot.	p.14
2/ Problèmes restants.	p.15
3/ Evolutions possibles.	p.15
Conclusion.	p.16
Annexes :	p.17
1/ La commande analogique.	p.17
2/ Le programme.	p.18
3/ La carte du microcontrôleur.	p.22
Bibliographie et remerciements.	p.23

INTRODUCTION

Un nouveau jeu fait fureur aux Etats-Unis : les batailles de robots. Les créateurs de ces robots sont de grands enfants mais également des techniciens hors pair. Ils font preuve d'une grande ingéniosité en construisant toutes sortes de robots. La grande majorité de ces robots sont montés sur roues mais leurs concepteurs ont aussi mis au point des systèmes de déplacement bien plus extraordinaires avec des prototypes qui glissent, qui rampent, qui sautent et bien sûr qui marchent. Ces robots sont téléguidés et dépendent donc du pilote qui les conduit lors du combat.

Le projet sur lequel nous avons travaillé consiste à fabriquer un insecte robot à six pattes. L'avantage d'un robot marcheur par rapport à un robot roulant est qu'il peut se mouvoir sur des surfaces irrégulières ou qui présentent des obstacles. Ceci présente un atout pour évoluer dans un milieu inconnu ou hostile comme par exemple à la surface de Mars ou dans le réacteur d'une centrale nucléaire.

Le cahier des charges de notre projet de groupe a été de fabriquer un robot autonome à six pattes, capable de marcher dans une seule direction et susceptible d'évoluer dans les années futures. Nous l'avons rempli.

Nous détaillerons tout d'abord la démarche que nous avons suivie au cours de la réalisation du robot, puis nous nous pencherons sur ses points techniques et le matériel utilisé. Enfin nous ferons un bilan de ce qui a été accompli et nous envisagerons des perspectives d'avenir pour le robot.

I. LES DEMARCHES EFFECTUEES

1/ Réalisation d'une patte :

Tout d'abord nous avons dû choisir le type de patte. Nous nous sommes inspirés de différents modèles de robots.[1]

Deux systèmes de patte étaient possibles : soit une patte en une seule partie, commandée par un seul servomoteur, et qui ne se soulève pas (cf. photo 1), soit une patte en parallélogramme. [2]
(cf. photo 2 et figure 1)

La deuxième possibilité nous parut meilleure car elle avait l'avantage d'avoir deux degrés de liberté permettant des mouvements plus complexes.

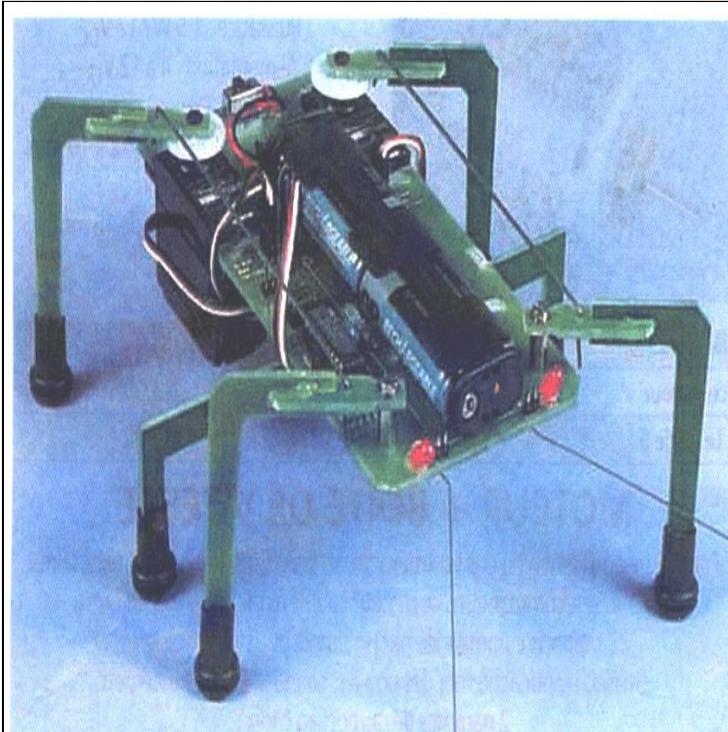


Photo 1 : Robot à pattes liées

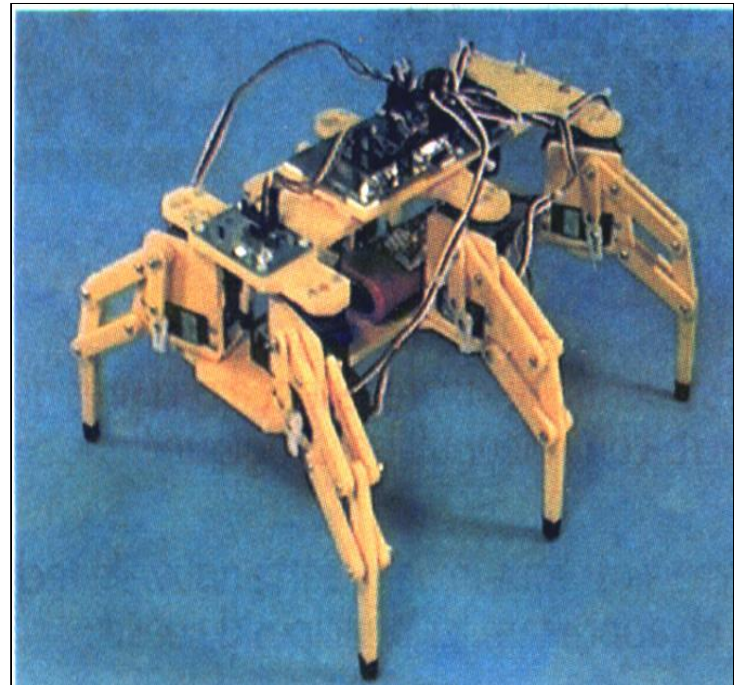


Photo 2 : Robot à pattes indépendantes

D'autre part les pattes pouvaient être liées entre elles comme nous le voyons sur la photo 1 ou bien être indépendantes.

Etant donné que notre objectif était de concevoir un robot marchant en ligne droite, les deux possibilités semblaient envisageables. Mais en vue d'une évolution future nous avons voulu garder un maximum de degrés de liberté et avons opté pour des pattes indépendantes afin qu'il puisse tourner et contourner des obstacles.

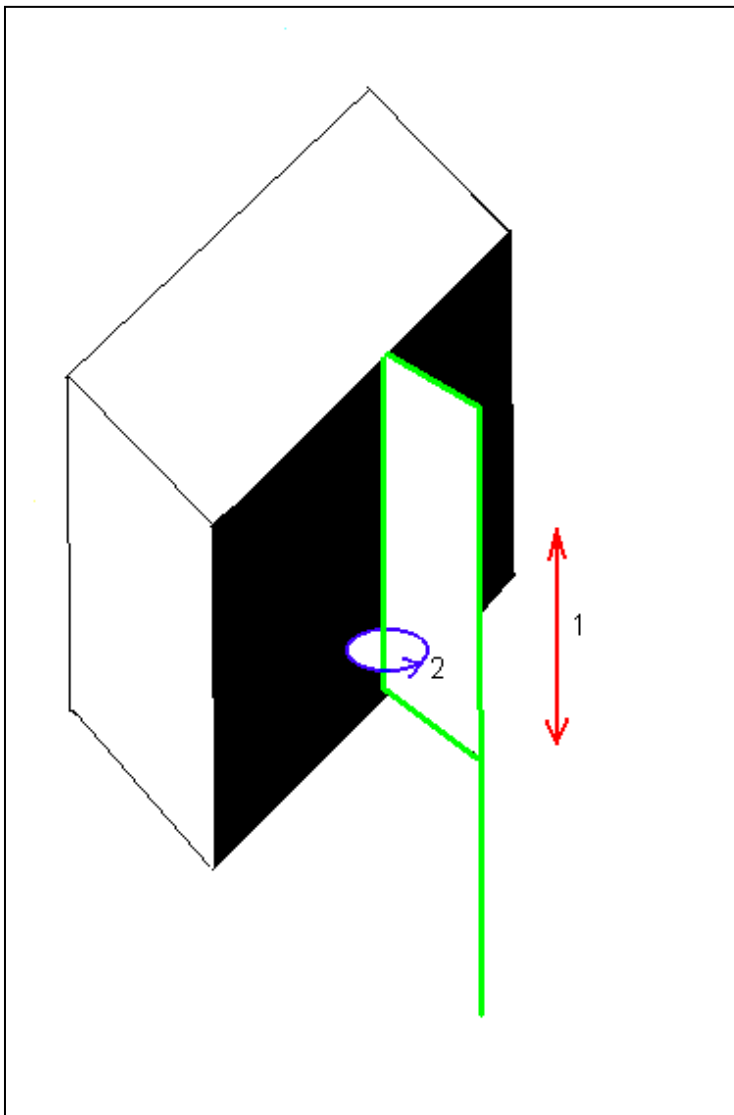


Figure 1 : Modélisation d'une patte.

Le mouvement de cette patte en parallélogramme se décompose en deux étapes : un mouvement vertical pour lever et baisser la patte (première flèche) et un mouvement de rotation (deuxième flèche). Ainsi pour bouger une patte nous avons besoin de deux actionneurs.

2/Choix des actionneurs :

a) Cahier des charges :

Le déplacement de chacune des six pattes se décomposant en deux mouvements, il nous fallait deux actionneurs par patte.

D'autre part seule la position atteinte par un actionneur nous intéressait, alors que sa vitesse de déplacement était peu importante dans la mesure où elle était suffisante pour garantir la fluidité du mouvement.

Il fallait aussi que le système soit capable de se maintenir en position quelles que soient les contraintes qui lui étaient appliquées (poids du robot).

Finalement nous devons choisir des actionneurs qui nécessitent une alimentation en énergie et une partie commande simples, compactes et légères.

b) Choix de l'alimentation en énergie :

Nous aurions pu nous tourner vers un système pneumatique qui nous aurait donné une grande puissance mais, cette technologie étant bien trop lourde, nous avons immédiatement opté pour un système électrique alimenté par des batteries rechargeables de 7,5 volts.

c) Choix des actionneurs :

Trois possibilités étaient envisageables : moteurs à courant continu, moteurs pas à pas et servomoteurs.

Mais en pratique les servomoteurs se sont avérés être très bien adaptés au cahier des charges car il sont asservis en position, compactes et faciles à commander.[1][3]

3/ Choix de la partie commande :

a) Cahier des charges :

Un servomoteur est un système asservi commandé par un créneau à rapport cyclique variable (figure 2). Il nous fallait donc trouver un système électronique capable de créer de tels signaux.

D'autre part il nous fallait aussi pouvoir coordonner les six pattes et donc les douze servomoteurs.

b) Deux solutions techniques :

Nous avons développé deux solutions en parallèle mais une seule a abouti.

La solution la plus proche de nos connaissances était de fabriquer une carte électronique qui délivrait le signal cherché à partir d'un générateur astable et d'un comparateur (voir Annexe 1). Mais il restait le problème de la coordination des pattes.

L'autre voie qui consiste en l'utilisation de circuits intégrés programmables (les microcontrôleurs) fut assez difficile à mettre en oeuvre mais elle présentait l'avantage de permettre de grandes possibilités d'évolutions de notre robot. Nous l'avons donc choisie.

D'autre part les servomoteurs sont très sensibles aux variations de rapport cyclique ce qui crée des problèmes de stabilité.

La difficulté était donc de générer des créneaux à rapport cyclique stable.

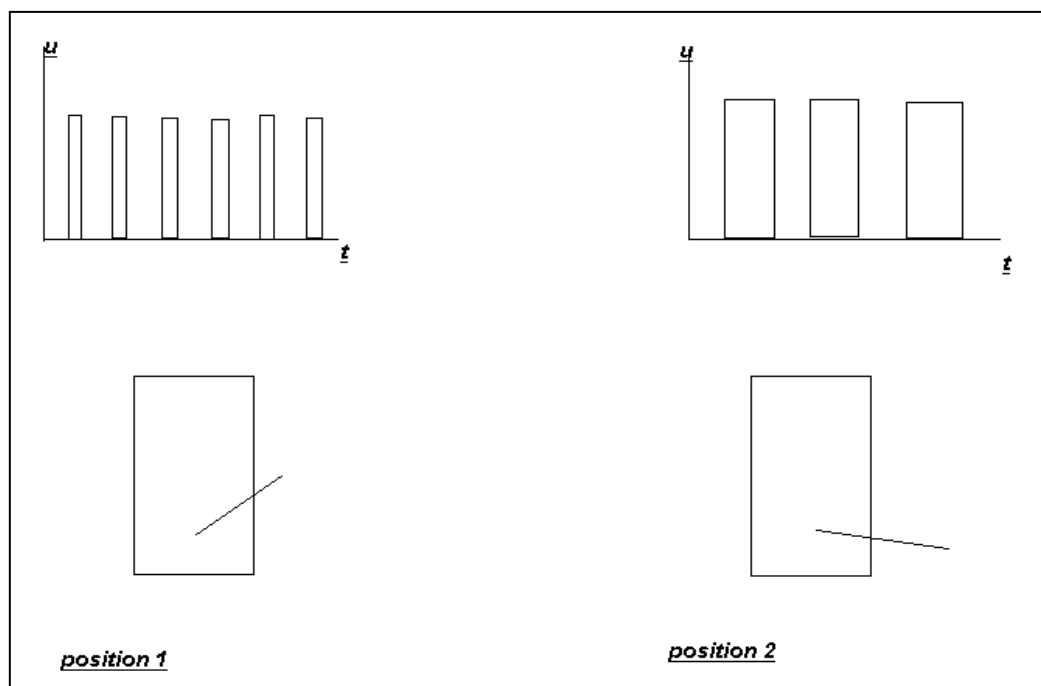


Figure 2 : Chaque rapport cyclique correspond à une position du servomoteur.

II. LE MATERIEL UTILISE

1/ Les pattes :

Tout d'abord nous avons construit une patte en époxy, récupéré d'anciens circuits. En effet, l'intérêt de ce matériau étant d'être léger et facilement usinable, cela nous a permis de faire un premier modèle de patte, taillé petit à petit à la dimension des servomoteurs (cf. photo 3).

Pour la structure finale, nous avons demandé conseil au technicien. La batterie et les servomoteurs étant déjà assez lourds et étant limité par le couple des servomoteurs, nous avons fait une patte la plus légère possible. D'autre part la longue tige centrale doit être suffisamment rigide, pour ne pas se plier, et les liaisons assez libres pour ne pas forcer. En accord avec le technicien nous avons opté pour des pattes en aluminium (cf. photo 4), avec l'utilisation de tubes pour permettre une certaine rigidité sans alourdir le robot.

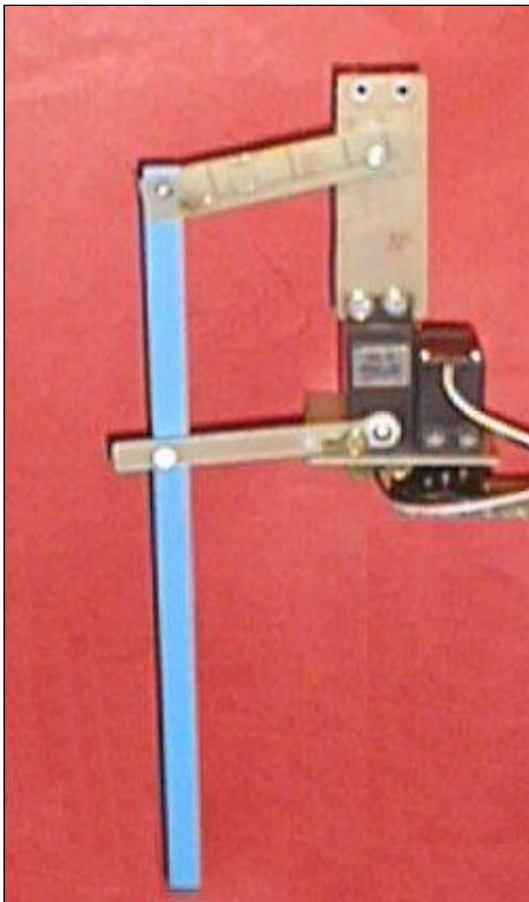


Photo 3 :
Patte en époxy.



Photo 4 :
Patte en aluminium.

2/ Les servomoteurs :

a) Description :

Vu de l'extérieur un servomoteur est un boîtier noir de dimensions 40x20x30 mm connecté à trois fils (+5V, masse et fil de commande).

A l'intérieur nous trouvons : (cf. photo 5)

- . un moteur a courant continu,
- . un jeu d'engrenages (réducteur de vitesse),
- . un potentiomètre capteur de position,
- . un système électronique d'asservissement en position.

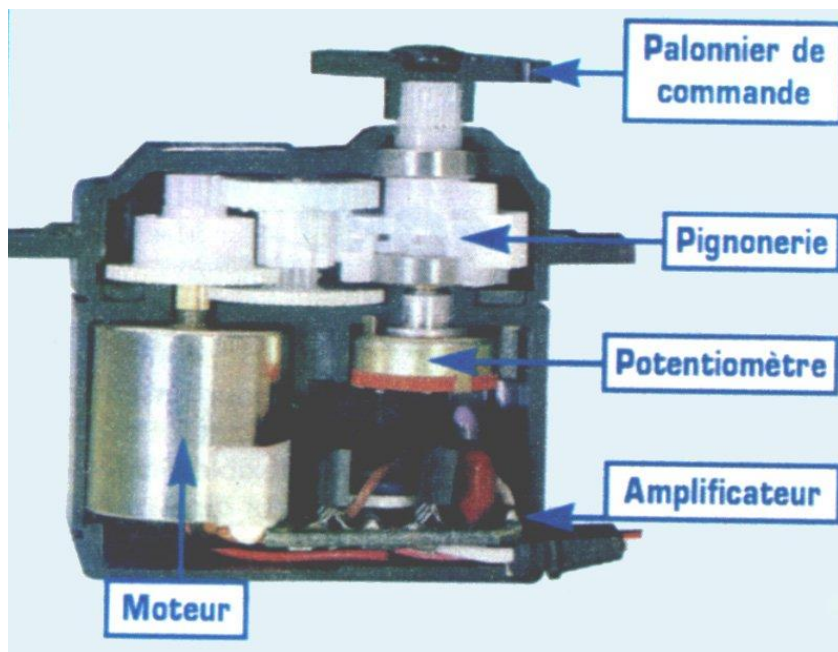


Photo 5 :

Coupe d'un servomoteur.

b) Fonctionnement :

Une fois que le servomoteur est correctement alimenté en cinq volts, il est en théorie facile de lui indiquer une position à prendre (sur un demi-tour seulement).

Il suffit comme nous l'avons déjà vu en effet d'envoyer sur le fil de commande un signal carré dissymétrique.

Ce signal prend comme valeurs zéro et cinq volts, sa fréquence doit être de cent hertz environ et les angles sont codés par des rapports cycliques de l'ordre de 1/20.

c) Utilisation :

Afin d'alléger le robot nous avons directement monté les pattes sur les servomoteurs, un des deux servomoteurs étant embarqué dans la rotation de l'autre.

Nous n'avons jamais eu d'ennuis avec ces actionneurs, mais c'est leur commande qui nous a posé de nombreux problèmes.

3/ Le microcontrôleur :

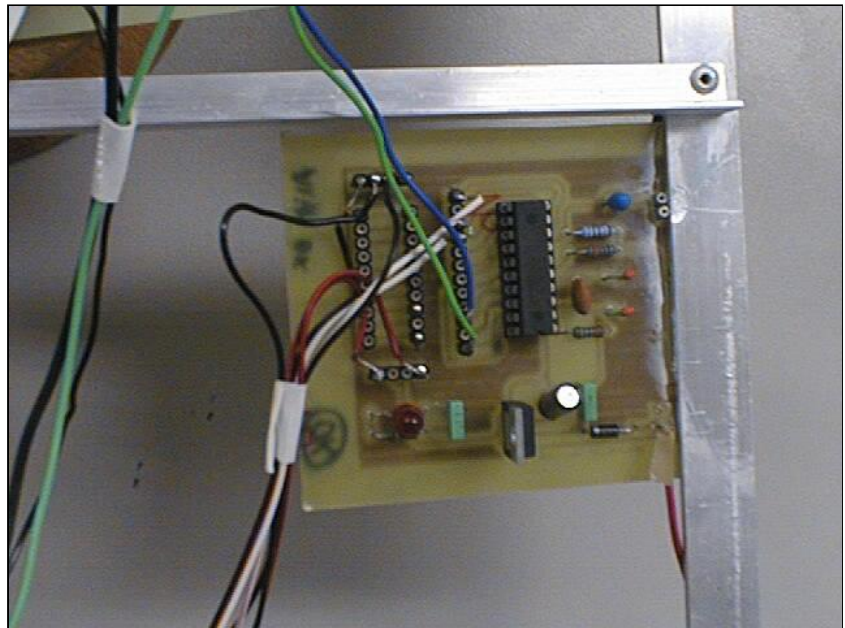
a) Présentation :

Un microcontrôleur est une puce électronique programmable contenant de nombreux composants. Elle permet de réaliser de nombreuses tâches différentes pour peu que l'on change son programme.[4]

Pour fonctionner un microcontrôleur nécessite une carte électronique comprenant une alimentation zéro-cinq volts et un résonateur à huit mégahertz. (cf. photo 6 et annexe 3)

Photo 6 :

Carte du microcontrôleur



Il existe de nombreux types de microcontrôleurs sur le marché. Dans notre cas nous avons utilisé six ST6T20 et un ST6E25 car M.Rostaing pouvait nous fournir la carte électronique permettant de les programmer.

b) Programmation :

A la base un microcontrôleur se programme en assembleur par l'intermédiaire d'un PC. Mais ce langage très proche des instructions de la

machine est difficile à utiliser même pour faire des programmes aussi simples que les nôtres.[5]

C'est pourquoi notre tuteur nous a proposé d'utiliser un logiciel permettant de traduire un schéma électronique comportant des oscillateurs, timers et autres portes logiques.

Ce logiciel spécifique aux ST6XX s'appelle ST6-Realizer et tourne sous MS-Windows. (cf. figure 4)

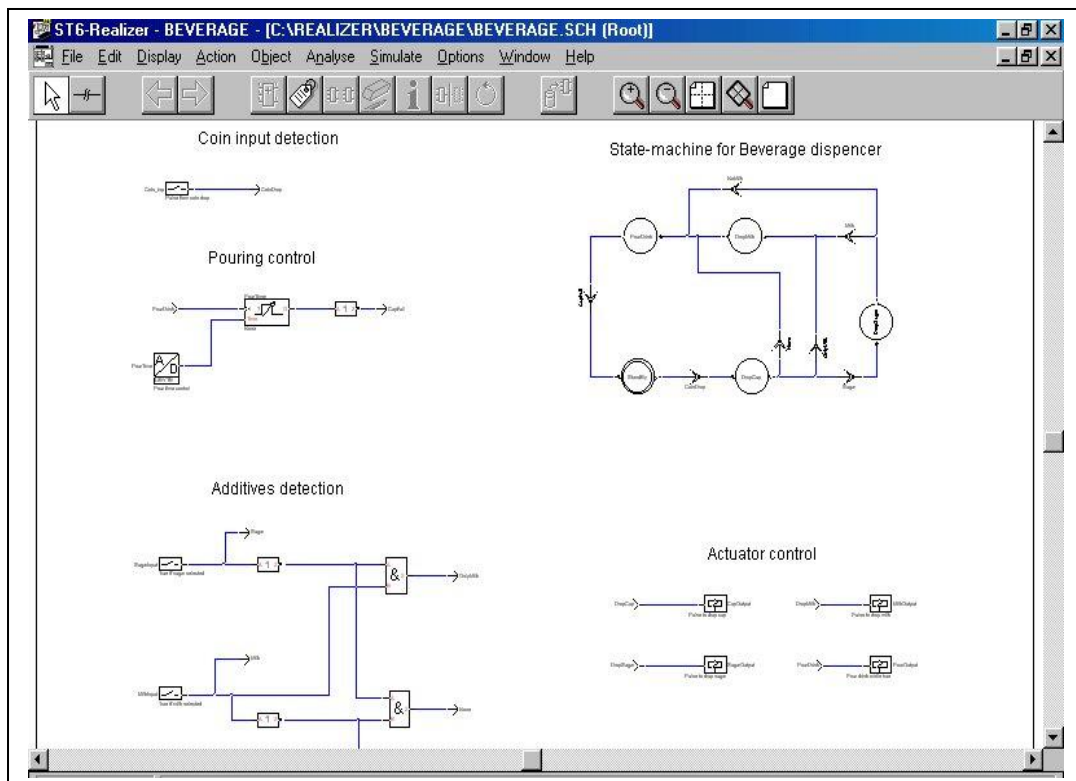


Figure 4 :
Capture d'écran du logiciel
ST6-Realizer.

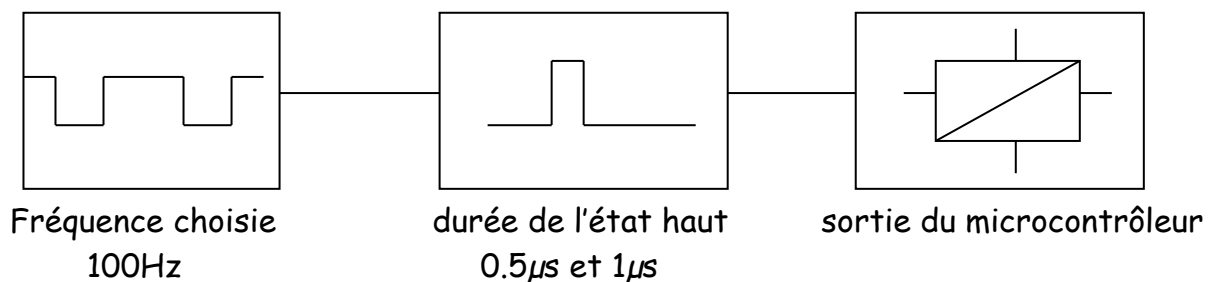
4/ Le programme :

Le but du programme sur les microcontrôleurs est de commander les pattes c'est à dire de coordonner leur mouvement en donnant l'ordre aux servomoteurs de prendre telle ou telle position.

Pour cela, on commence d'abord avec une patte constituée de deux servomoteurs. Il faut faire un mouvement :

- Lever la patte.
- avancer la patte.
- baisser la patte.
- reculer la patte.

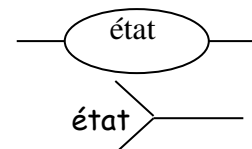
Chaque position requière un signal périodique carré de rapport cyclique donné. On fixe la fréquence à laquelle on travail avec le microcontrôleur, puis on choisit la durée de l'état haut du signal, ce qui permet d'obtenir un signal asymétrique. On doit donc essayer différentes valeurs du rapport cyclique compatible avec la précision du microcontrôleur ($0.5 \mu s$ pour l'état haut) et la tolérance du servomoteur (pas de position en butée).



Il faut ensuite faire défiler les différentes positions de la patte : pour cela on utilise une **machine d'état**. L'utilisation d'une telle machine est simple, on a deux éléments à prendre en compte :

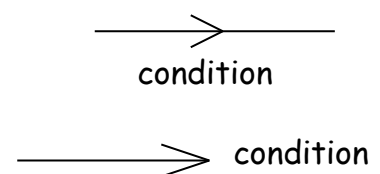
-Les états : dans la machine symbolisés par

et en dehors par



-Les conditions : dans la machine symbolisés par

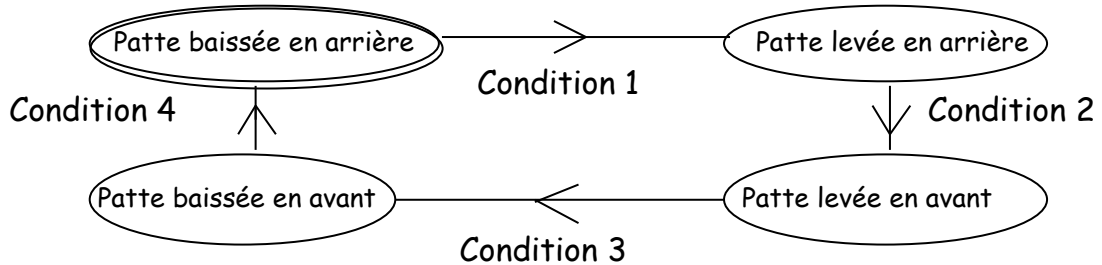
et en dehors par



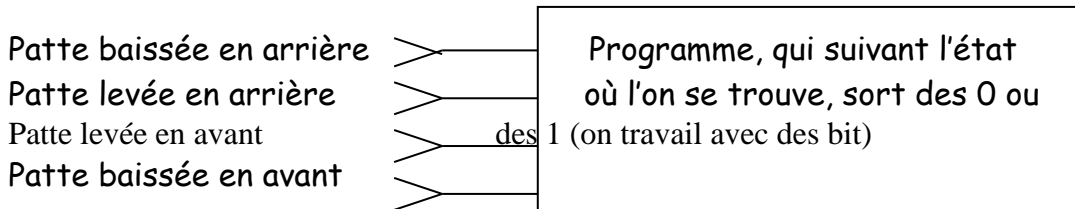
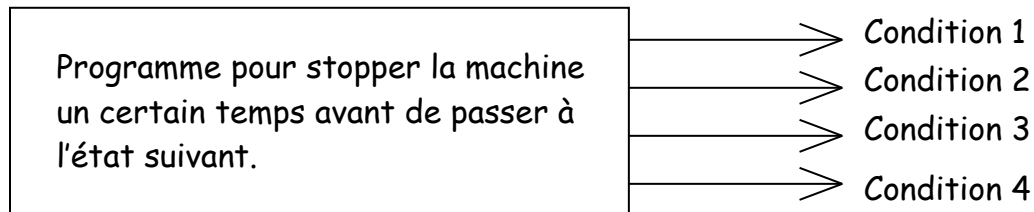
On démarre toujours par le même état :



On met toujours une condition entre deux états. On a donc :



Et :



Dans un premier temps on combine sur le même microcontrôleur la machine d'état et la fabrication des signaux à rapport cyclique. Le programme ne marche pas, le microcontrôleur est incapable de gérer la fabrication des signaux à rapport cyclique avec trop de calcul autour. On sépare donc sur deux microcontrôleurs ces deux parties du programme.

La machine d'état, au niveau d'un microcontrôleur, va donc commander, à l'aide de 0 ou 1 (bit), le déroulement des positions des pattes et un microcontrôleur va, suivant les 0 et 1, donner deux rapports cycliques différents, qui vont faire prendre deux positions différentes au servomoteur .

On passe ensuite à deux pattes. Le principe de la machine d'état est le même et le microcontrôleur le fait correctement (pour six pattes aussi : voir le programme en annexe). Mais un microcontrôleur ne peut pas délivrer les rapports cycliques voulus sur quatre sorties. On va donc prendre un

microcontrôleur pour une patte. On a donc deux microcontrôleurs plus un de contrôle pour deux pattes (on a sept microcontrôleur pour six pattes) (voir annexe pour le programme).

Ainsi on a besoin de sept microcontrôleurs dont six ST6220 et un ST6225 à cause du nombre de sorties nécessaires (12 sorties = 12 servomoteurs) (cf. photo 7).

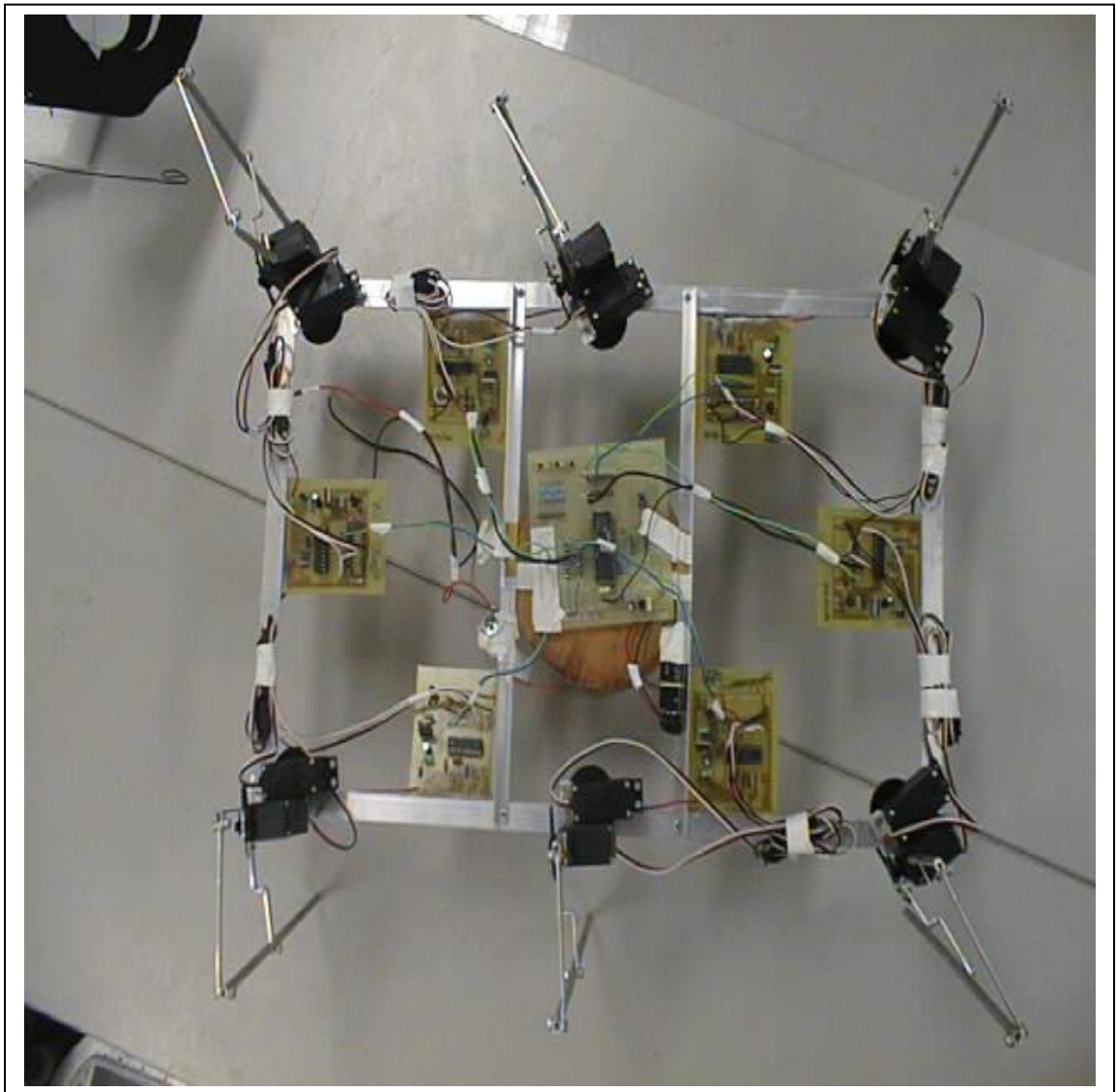


Photo 7 :
Vue de haut des 7 microcontrôleurs et des 12 servomoteurs

III. LE ROBOT ACTUEL ET SON AVENIR

1/ Performances de notre robot :

Le 29 mai 2000, l'insecte robot a fait son premier pas (cf. photo 8). Il est capable de se déplacer de manière autonome.

Pour faire se déplacer le robot, nous avons choisi de lever chaque patte une par une afin que la carcasse qui supporte le robot ne s'écroule pas sous son poids. Le robot est donc toujours soutenu par au moins cinq pattes. Nous avons constaté que lorsqu'on déplaçait les pattes du milieu avant les pattes antérieures et postérieures, le robot était déséquilibré lors de la marche. C'est pourquoi nous déplaçons les pattes situées au milieu en dernier.

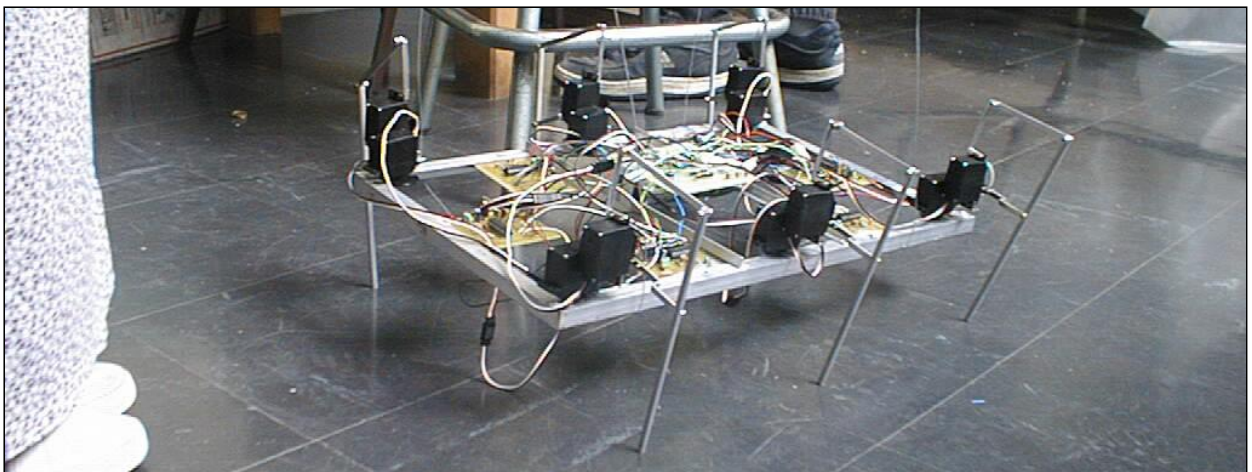


Photo 8 :

Les premiers pas.

Cependant il reste quelques points à améliorer.

2/ Problèmes restants :

Un problème notable est celui de la consommation électrique. La faible durée de vie des piles fait que le robot est peu autonome.

En outre, l'insecte présente une certaine fragilité même si les pièces sont en aluminium. Notons de plus qu'un boîtier pourrait contenir l'électronique, celle-ci n'étant pas protégée.

3/ Evolutions possibles :

Nous avons conçu notre insecte pour qu'il puisse évoluer et être amélioré par d'autres groupes dans les années à venir.

Les microcontrôleurs que nous utilisons ont encore de grandes capacités. Notre insecte pourrait peut-être franchir des obstacles, les contourner ou les enjamber.

Cela demande un mode de détection (capteurs) et un système d'asservissement. Il en est de même pour la coordination des pattes sur un sol en relief.

Pour franchir des obstacles ou simplement le faire bouger de façon plus rapide et plus élégante, on pourrait envisager de changer le programme en s'inspirant de la démarche d'insectes.

On pourrait peut-être chercher de nouveaux microcontrôleurs avec des sorties P.W.M. (Pulse Width Modulation), adaptées pour délivrer des signaux carrés dissymétriques.

CONCLUSION

Nous sommes parvenus à réaliser le cahier des charges qui nous a été confié : le robot est capable de marcher dans une direction de manière autonome. En outre lors de la conception du robot, nous avons adopté des solutions qui offraient la possibilité d'envisager des améliorations pour les années à venir.

Durant l'année, du fait que nous étions cinq sur un projet où tout était à faire, nous avons appris à nous organiser et à définir des tâches précises à chacun. Nous avons aussi rencontré de nombreux problèmes, mais dont la résolution, pas toujours évidente, a été enrichissante notamment dans le domaine de l'électronique.

Notre robot n'est certes pas apte à participer aux combats outre Atlantique, mais pourquoi ne pas l'envisager pour le futur ?

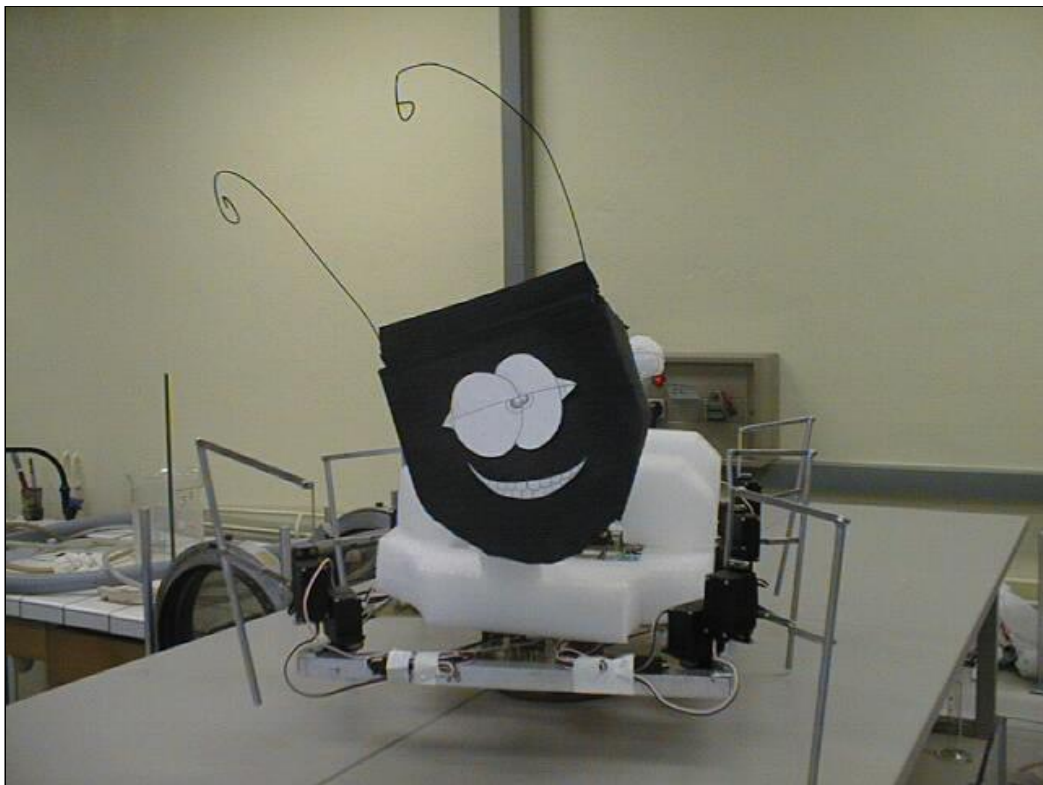


Photo 9.

ANNEXES

1/ La commande analogique :

L'oscillateur crée un signal quasi triangulaire.

LES ENTREES DU SOMMATEUR CORRESPONDENT AUX PATTES DU MICROCONTROLEUR. ELLES REÇOIVENT DES 0 OU DES 1. ENSUITE LE SOMMATEUR CREE UNE TENSION CONTINUE QUI DEPEND DES ENTREES. PUIS ON COMPARE LE TRIANGLE AVEC LE COURANT CONTINU POUR OBTENIR UN SIGNAL CARRE DISYMETRIQUE.

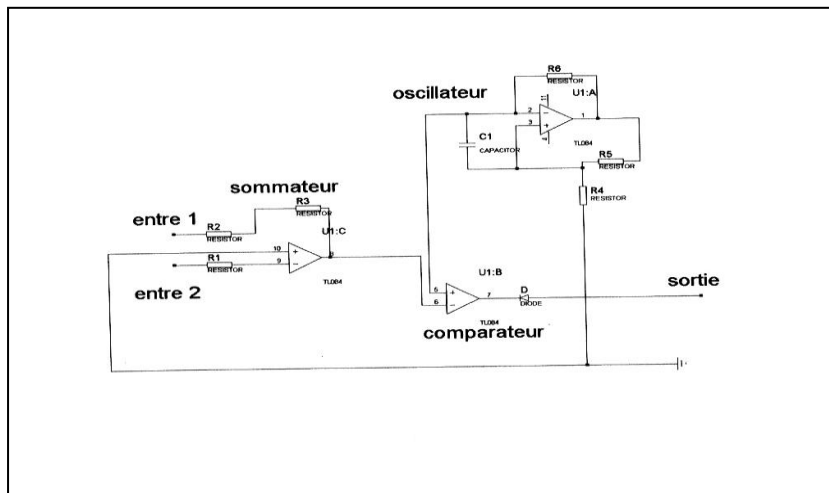
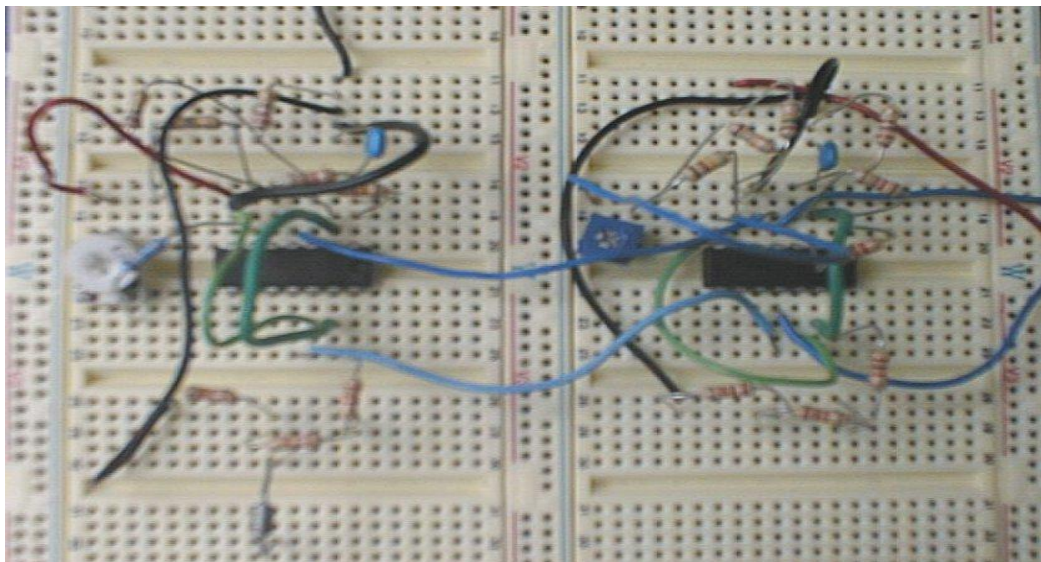


Schéma du circuit électronique.



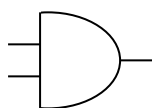
Montage réalisé.

2/ Le programme :

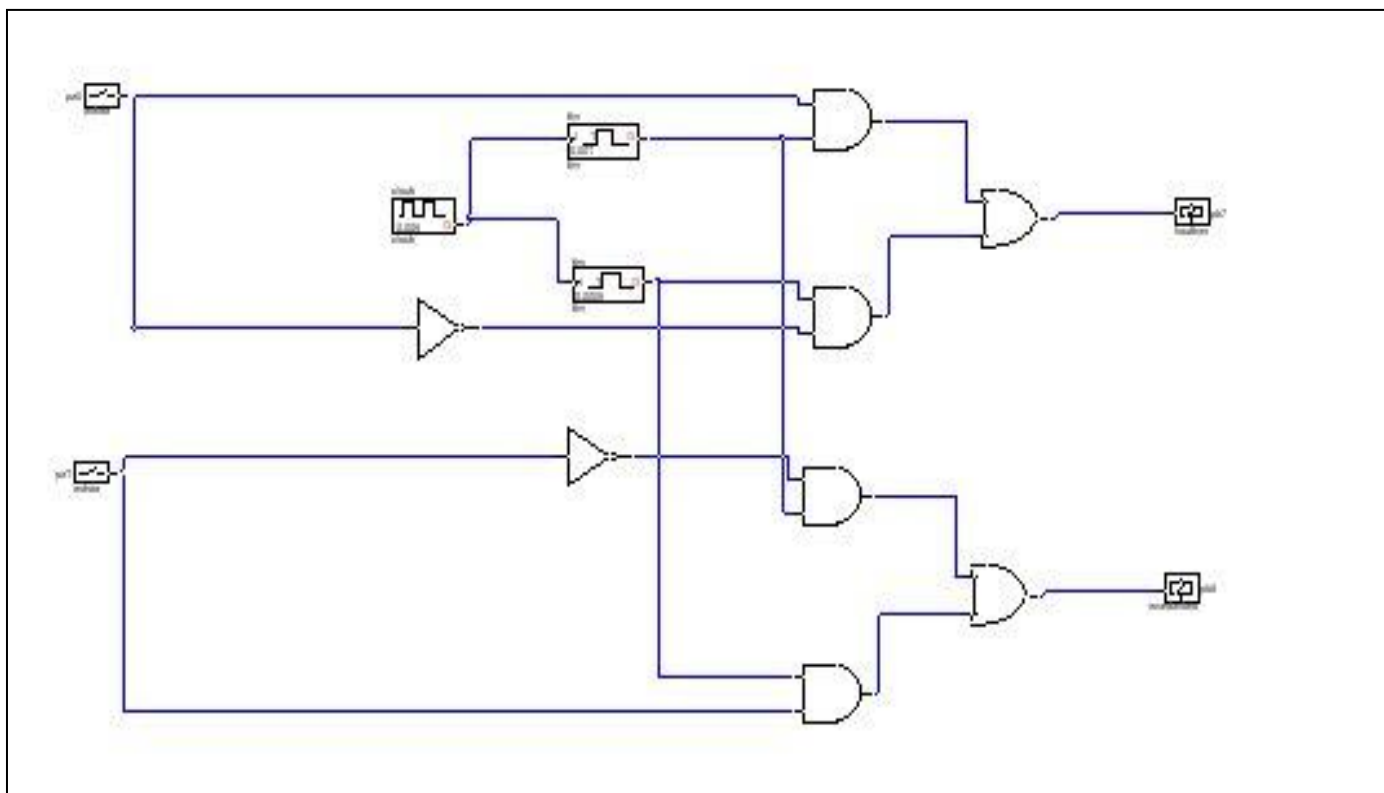
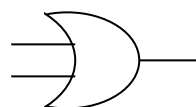
Programme :

On travail en bit. On utilise les portes logiques ET, OU et INVERSE.

ET	0	1
0	0	0
1	0	1



OU	0	1
0	0	1
1	1	1

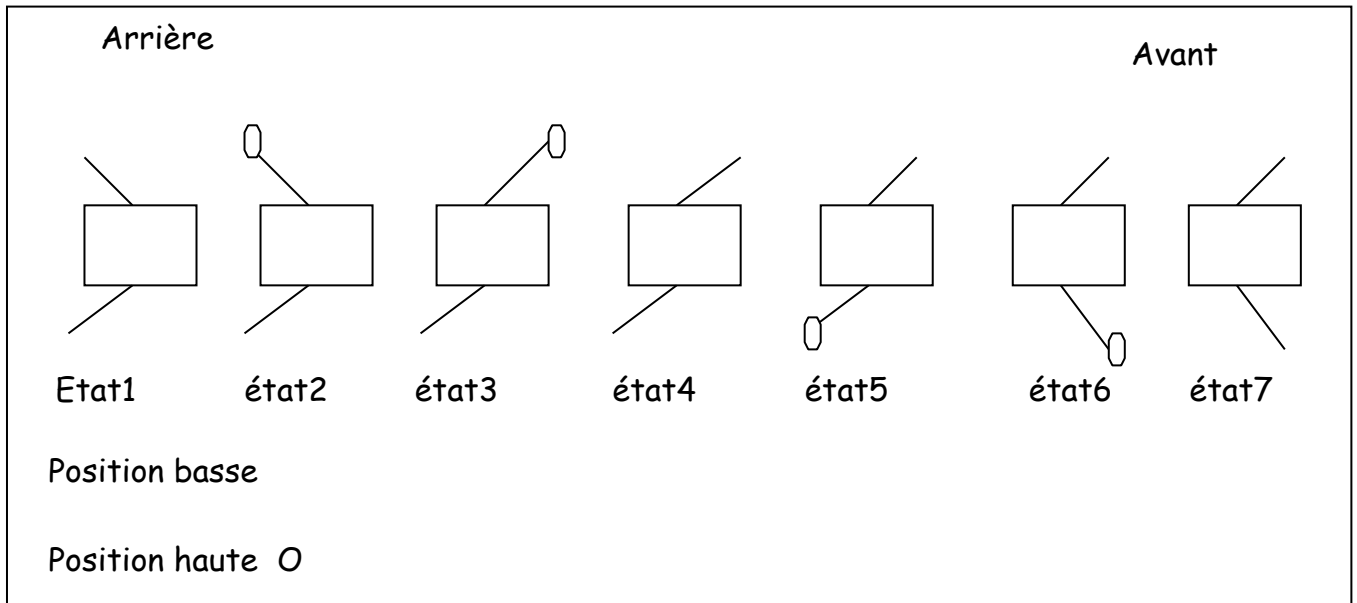


Fabrication de rapports cycliques différents selon l'état d'entrée du microcontrôleur.

Ce programme se trouve dans les 6 petits

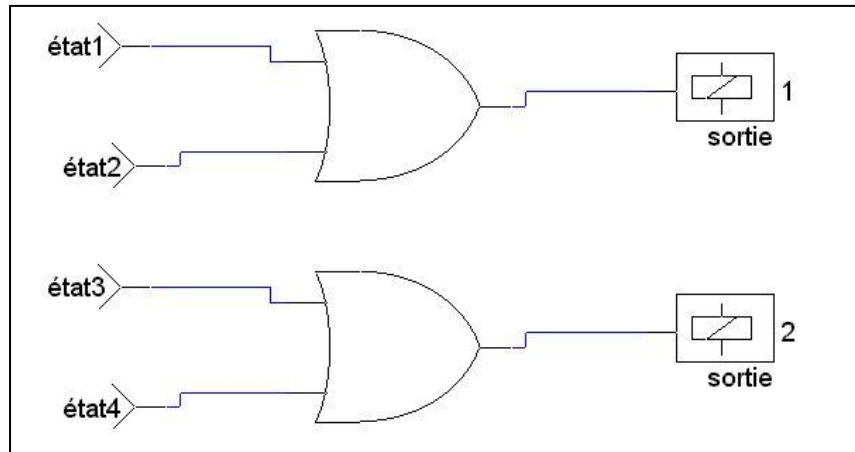
Machine d'état :

On travail toujours en bit et on utilise aussi les portes logiques. On explique ici l'élaboration du programme pour 2 pattes (pour les six pattes c'est la même chose.).

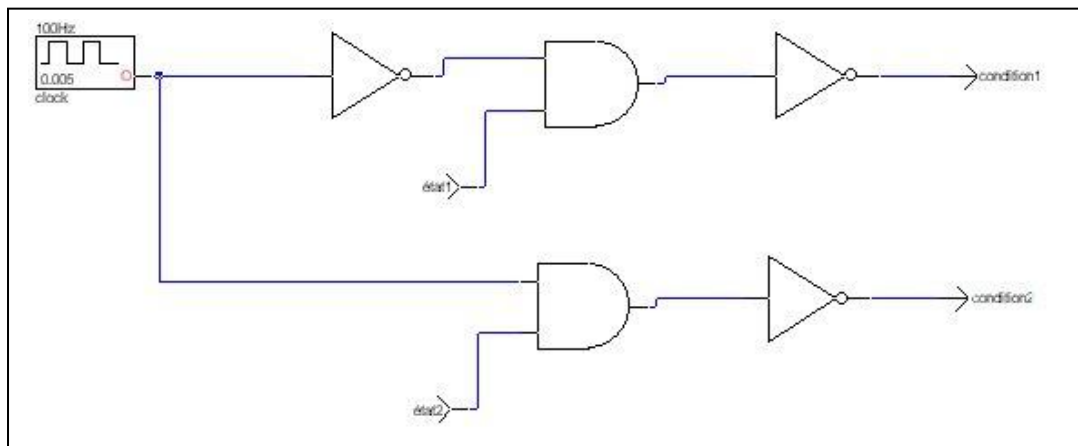


		état 1	état 2	état 3	état 4	état 5	état 6	état 7	
Patte 1	bas	1	0	0	1	1	1	1	*
	haut	0	1	1	0	0	0	0	
	avant	0	0	1	1	1	1	1	*
	arrière	1	1	0	0	0	0	0	
Patte 2	bas	1	1	1	1	0	0	1	*
	haut	0	0	0	0	1	1	0	
	avant	0	0	0	0	0	1	1	*
	arrière	1	1	1	1	1	0	0	

Etant donnée le fait que les 1 et 0 vont par pair on garde que les lignes étoilées. Le veut dire non et le veut dire oui. Voici la partie du programme concernant les sorties du microcontrôleur suivant les états de la machine d'état :



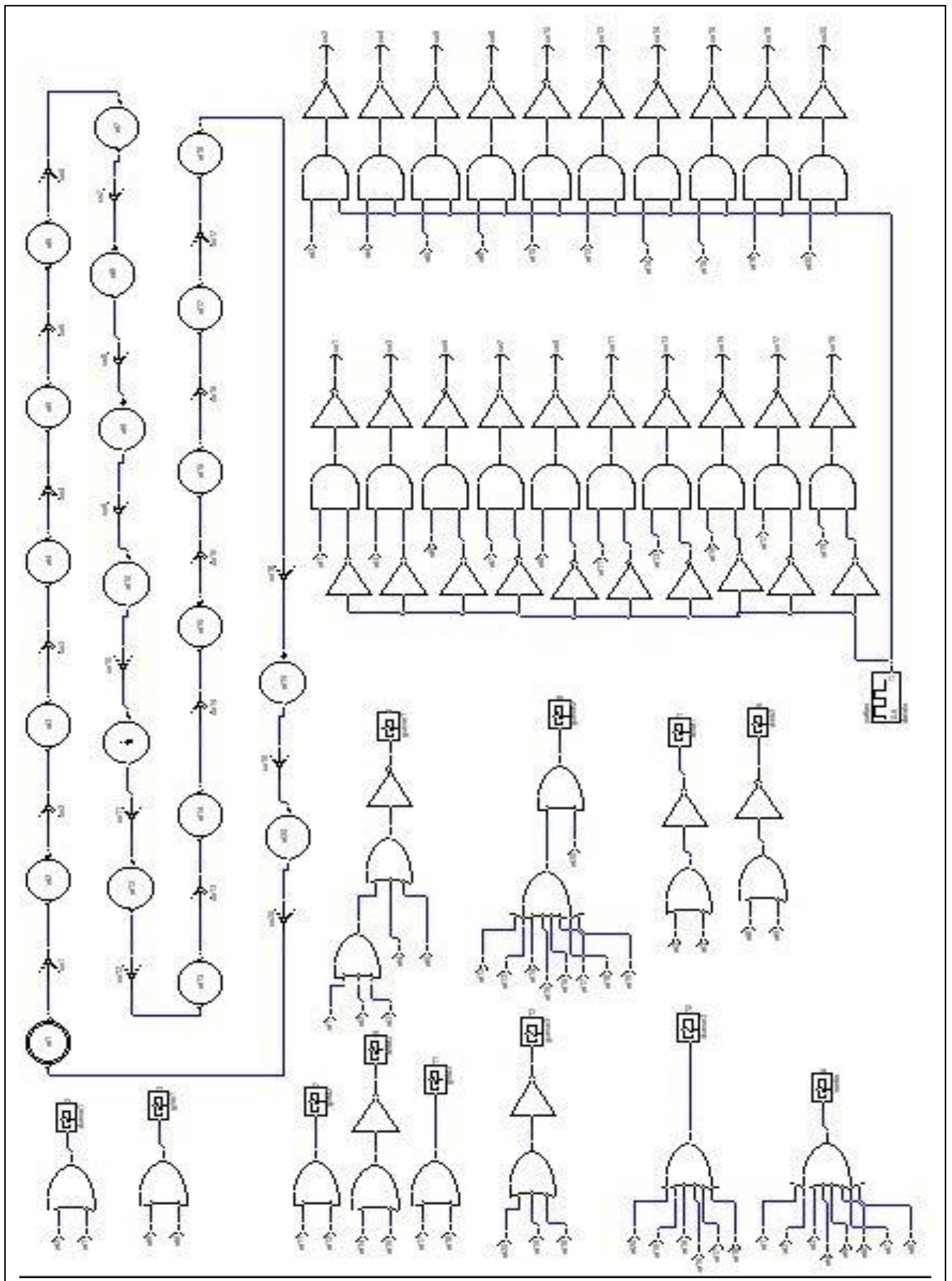
Pour faire défiler les conditions, on a choisi une solution avec des portes logiques :



L'horloge donne le temps d'attente entre chaque état. Lorsque l'on se trouve dans un état (schéma d'un état) celui-ci vaut 1 et les autres 0.

Remarque : Il faut dans ce cas un nombre de condition paire, on crée donc un huitième état : état8=état7.

Pour les six pattes on a rajouté des inverseurs (schéma) avant les sorties suivant les lignes que l'on a considérées et le programme des rapports cycliques.



Programme du microcontrôleur central pour les six pattes.

3/ La carte du microcontrôleur :

Schéma électrique de la carte d'un microcontrôleur

Typon du circuit imprimé de cette carte.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Les Robots mobiles : de l'Inspiration à la Réalisation
de Joseph L. Jones.
Publication : Diderot Editeur, 1997.
Collection Pratique des Sciences.

[2] Robitics technology.
de Charles J. Spiteri.
Publication : Saunders College Publication, 1990.

[3] Les Robots parallèles.
de Jean-Pierre Merlet.
Publication : Hermès, 1997.
Collection robotique.

[4] Pratique du microcontrôleur ST622X.
de Eric Quagliozi.
Edition technique et scientifique française.
+ disquette PC.

[5] ST6 FAMILY User Manual.
Edition SGS-Thomson Microelectronics, july 1996.

REMERCIEMENTS

M.Rostaing,

Notre tuteur.

M.Karrouch,

Le technicien qui a réalisé les pattes en aluminium et sans qui le robot ne serait pas.

M.Delabougliste,

Pour nous avoir prêté la lampe à UV pour effacer les microcontrôleurs.

M. Isnard,

Pour son aide et sa disponibilité.

Le groupe du robot filoguidé,

Pour leur solidarité dans l'effort.

M.Desportes,

Pour nous avoir prêté du matériel.

M.Kien,

Pour les graphismes et le son,

Mme Nicole,

Pour ses compétences linguistiques.

RESUME

L'objectif de ce projet est la réalisation d'un insecte robot à 6 pattes.

Nous avons créé les structures de ce dernier dans le but de le faire marcher dans une seule direction. Nous voulions un robot évolutif susceptible d'être modifié pour accomplir de nouvelles tâches.

Ce rapport décrit les démarches et les choix du groupe qui ont abouti au fonctionnement du robot.

SUMMARY

The purpose of this project is the realisation of a bug robot with 6 legs.

We have created the robot's structures in order to make it walk in one direction. We wanted an evolutionary robot that can be modified in order to achieve new tasks.

This report presents the stages we went through and the choices we made.