

Projet E&R S2

Voiture solaire télécommandée

Groupe Slash



Groupe : D1

Thibault Galès, Ariel Lissak Geller, Lory-Stan Chamsoudine, Julien Le Bris

Professeur d'E&R : Xavier Rain

Professeurs de Culture et Communication : Nathalie Brissard et Nicolas Souhait

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier M. Xavier Rain, professeur d'E&R, grâce à qui nous avons pu effectuer notre projet d'E&R, et pour nous avoir aidés, encadrés et guidés tout au long du projet.

Nous remercions également nos professeurs de Culture et Communication, Mme. Nathalie Brissard et M. Nicolas Souhait, pour nous avoir conseillé durant l'intégralité de notre projet.

Nous tenons à remercier M. Marc Ardillier, technicien, pour nous avoir découpé notre châssis de voiture et pour nous avoir imprimé notre circuit imprimé.

Résumé

Durant ce projet, nous avons élaboré une voiture pilotable à distance et fonctionnant à l'énergie solaire. Pour ce faire, nous avons été aidé par notre professeur M. Xavier Rain qui nous a donné le cahier des charges de la voiture.

Ce fut notre point de commencement, ainsi nous avons inventé et élaboré notre voiture en autonomie, surmonté de nombreux problèmes et ajouté des fonctionnalités à notre voiture.

L'objectif étant de pouvoir terminer une course ou une série de défis à la fin de l'année sans encombres.

Mots-clés : Voiture solaire, Microcontrôleur, Module Xbee, Langage C/Ladder, Automatisation, Liaison sans-fil

Sommaire

Remerciements.....	1
Résumé	2
Sommaire	3
Introduction	4
1. Planification prévisionnelle	5
2. Problèmes rencontrés	6
2.1. Début du projet.....	6
2.2. Élaboration du châssis	6
2.3. Réponse du cahier des charges	7
3. Schéma synoptique	9
4. Électrique de puissance	11
5. Commander à distance la voiture.....	14
5.1. Le microcontrôleur.....	14
5.2. Le module Xbee	17
5.3. Simulation de la télécommande.....	18
Conclusion : État actuel de notre voiture.....	20
Table des figures	22

Introduction

Notre projet d'E&R de notre deuxième semestre porte sur le thème d'une voiture solaire pilotable à distance. Le principe étant de fabriquer arbitrairement notre voiture en suivant un cahier des charges. La finalité du projet est d'avoir fait les meilleurs choix pour être l'équipe avec la voiture la plus rapide et la plus qualitative.

A la suite de cela, une course est organisée en extérieur entre les trois équipes ayant participées au projet.

Les règles de cette course sont les suivantes, avant le commencement de la course, les batteries se trouvant sur les voitures de chaque équipe doivent être déchargées. Chaque équipe disposera alors d'un temps limité afin de recharger au maximum leurs batteries, à l'aide de l'énergie solaire. Après cela, les trois voitures commenceront le parcours, pilotées à distance par l'un des membres de son équipe.

1. Planification prévisionnelle

Initialement prévu, le projet d'E&R est limité à 15 séances. Au cours duquel, il faudra concevoir une voiture solaire pilotable à distance.

Afin de réaliser ce projet, le travail a été réparti entre deux binômes. Le premier étant principalement orienté informatique, composé de Lory-Stan Chamsoudine et Julien Le Bris. Tandis que le deuxième est quant à lui orienté mécanique, composé de Thibault Galès et Ariel Lissak Geller.

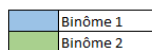
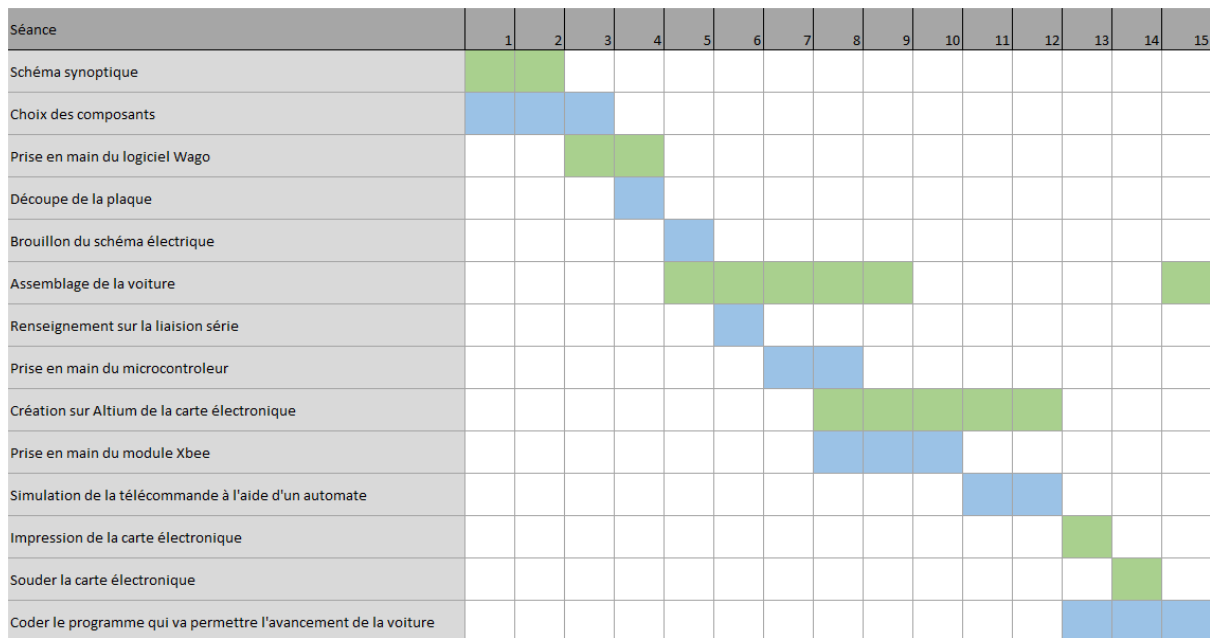


Figure 1 : diagramme de Gantt

2. Problèmes rencontrés

2.1. Début du projet

Le projet de voiture solaire radiocommandée nécessite un cahier des charges à respecter. Ce cahier des charges a été suivi à la lettre et tous nos choix ont été pris en conséquence.

Nous devons respecter ces spécifications :

- Recharger la batterie par l'énergie solaire
- Une possibilité de tourner (droite ou gauche)
- Être contrôlable à distance

A la suite de cela, nous avons mis nos idées en commun et créé nos premiers schémas électriques en choisissant la dimension et la forme de notre châssis.

2.2. Élaboration du châssis

Notre châssis ne doit pas s'affaisser et donc ne pas toucher le sol. En effet, cela entraînerait un frottement, c'est-à-dire une force résistante et donc un ralentissement global de la voiture. Cette situation est l'un des points importants à prendre en compte lors de l'élaboration de notre châssis. De plus, pour réduire au minimum les forces résistantes qui peuvent s'appliquer au mouvement de notre voiture, nous devons l'équiper d'un châssis des plus légers possibles. En effet, il est évident qu'une voiture lourde demandera plus d'énergie pour se mouvoir.

C'est pourquoi nous avons décidé de découper notre châssis dans une plaque de MDF (Medium Density Fiberboard), une planche légère, résistante à la flexion et très simple à découper. Pour assurer un maximum de rigidité et donc pour pallier le problème d'affaissement, nous avons choisi de garder une forme rectangulaire aux dimensions du panneau solaire étant la pièce la plus encombrante (505 mm de long, 345 mm de large et 3 mm d'épaisseur).

Après l'avoir modélisée sur SolidWorks, nous avons donné le fichier SolidWorks à M. Ardillier qui a découpé la plaque de MDF (Medium Density Fiberboard), à l'aide d'une découpe laser (voir photo de la machine ci-dessous).



Figure 2 : photo de la découpeuse laser

De plus, nous avons effectué trois encoches pour les roues. Nous placerons deux roues directrices à l'avant du véhicule pour assurer la direction, et une roue motrice centrée à l'arrière (voir schéma). Nous n'utilisons qu'une roue motrice pour des raisons pratiques, en effet, le moteur sera directement relié à la roue motrice, et trois roues suffisent à assurer une stabilité suffisante.

2.3. Réponse du cahier des charges

Le panneau solaire, cité ci-dessus, sera placé parallèlement au châssis de tel manière à capter un maximum de rayons du soleil. De plus, il sera branché en parallèle avec une batterie de 12V permettant ainsi la recharge de la batterie par le panneau solaire et assurant une autonomie plus avantageuse. Cette batterie nous permettra de stocker l'énergie récupérée par le panneau solaire, et nous pourrons ainsi l'utiliser lorsque le soleil sera caché par des potentiels nuages.

Pour pouvoir commander notre voiture à distance, nous avons choisi d'utiliser des « modules Xbee ». Ces modules fonctionnent par paires. Le premier, placé au niveau du pilote, décode l'information reçue par des fils électriques et l'émet par une technologie sans fil. L'information est reçue par le deuxième module placé sur la voiture qui décode l'information et la renvoie au microcontrôleur par le biais de fils électriques.

Nous avons donc un moyen de transmettre des informations à la voiture, nous permettant ainsi de piloter cette dernière à distance. Cependant, ces informations doivent être traduites en actions à réaliser par la voiture (avancer, tourner à droite ou à gauche ou encore allumer ou éteindre les phares).

Pour ce faire, nous utiliserons un microcontrôleur Mbed Nucleo F303K8 effectuant cette tâche. En revanche, pour utiliser ce microcontrôleur, nous avons besoin d'une source de tension de 5V (en effet, l'alimentation de ce microcontrôleur s'effectue avec une tension de 5V DC). Nous aurons alors besoin d'un régulateur nous permettant de réguler la tension de 12V fournie par la batterie (recharger par le panneau solaire) en 5V. Une fois alimenté, ce microcontrôleur transmettra sur commande du pilote (information reçue par le module XBee), un signal PWM (Pulse Width Modulation) au moteur DC (machine à courant continu).

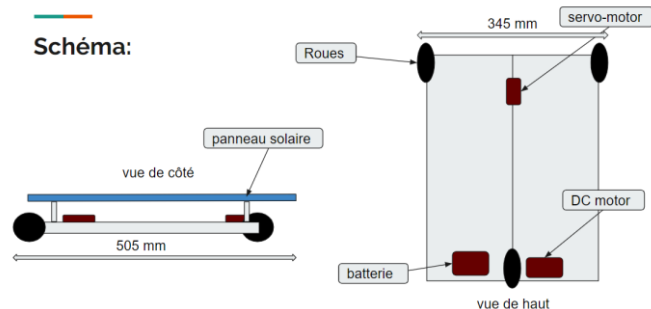


Figure 3 : schéma mécanique de la voiture

Ce moteur sera alimenté par la batterie 12V et commandé par un hacheur un quadrant, lui-même commandé par le signal PWM du microcontrôleur. Nous utilisons un hacheur un quadrant car nous n'avons pas besoin d'en avoir en sortie du hacheur (donc à l'entrée de la MCC) un courant et une tension négative. Cela reviendrait à reculer, et c'est contraire au principe d'une course.

De plus, notre microcontrôleur délivrera un signal PWM pour contrôler la direction des roues. La commande émise par une broche du microcontrôleur sera donc reçue par un servomoteur.

Pour guider les deux roues directrices, nous avons élaboré deux tiges robustes en acier transmettant le mouvement du servomoteur aux deux roues directives (voir schéma).

Nous obtenons alors une voiture répondant parfaitement au cahier des charges exigé par le professeur dirigeant ce projet.

3. Schéma synoptique

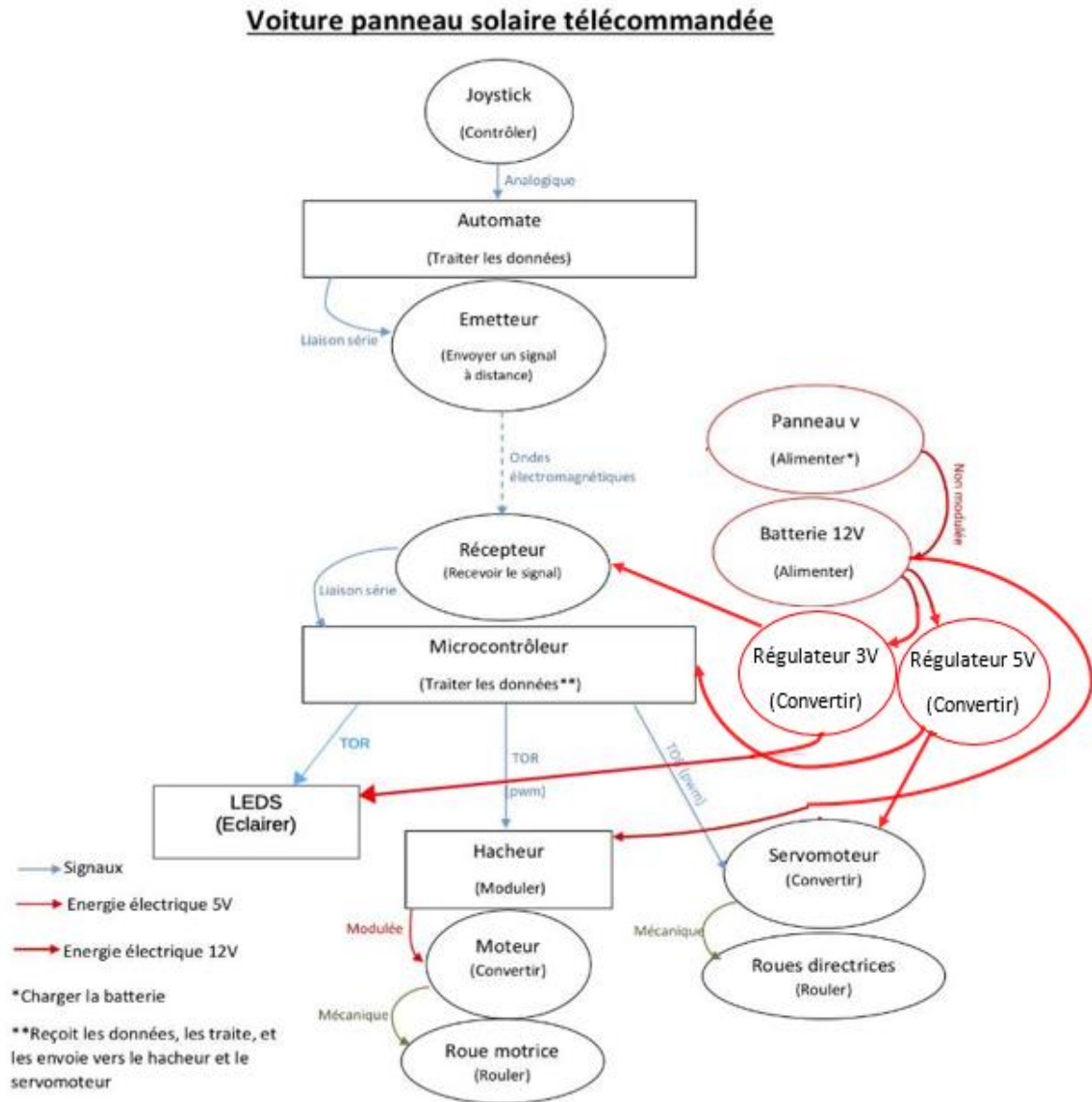


Figure 4 : schéma synoptique

L'organisation et le mode de communication entre les différentes parties de notre voiture sont résumés dans ce schéma.

Les transmissions se déroulent ainsi : la commande de l'utilisateur est transmise par le biais d'un joystick qui assure l'interface homme-machine. Un signal analogique est alors transmis à l'automate programmable qui le relaie sous la forme d'une liaison série vers le module Xbee émetteur. Celui-ci communique à distance, grâce à des ondes électromagnétiques, avec le module Xbee récepteur présent au côté du microcontrôleur de la voiture.

La commande se trouve alors au niveau du microcontrôleur qui va l'interpréter et transmettre un signal de type TOR (Tout Ou Rien) à la partie de la voiture concernée :

- vers les LEDs
- vers le hacheur, pour moduler la vitesse du moteur et ainsi accélérer ou ralentir la roue motrice via une liaison mécanique
- vers le servomoteur, pour diriger les roues directrices via une liaison mécanique (tige en métal).

La puissance est acheminée quant à elle de la façon suivante : la puissance provient tout d'abord du panneau solaire qui convertit l'énergie lumineuse en énergie électrique. Cette énergie électrique est transmise à la batterie, qui fonctionne comme un stockage dans un premier temps. Puis l'énergie est redistribuée en 12V vers le régulateur 5V et le régulateur 3V.

Le régulateur 5V alimente alors le microcontrôleur, et le servomoteur.

Le régulateur 3V quant à lui alimente les LEDs et le module Xbee récepteur.

4. Électrique de puissance

Suite à notre schéma synoptique, nous avons mis en place un schéma électrique de puissance afin de faire fonctionner la voiture comme on le désire. Dans ce schéma, on peut voir apparaître :

- un panneau solaire
- une batterie
- un condensateur de découplage
- un transistor MOSFET
- les régulateurs
- un servomoteur
- un microcontrôleur
- un module Xbee

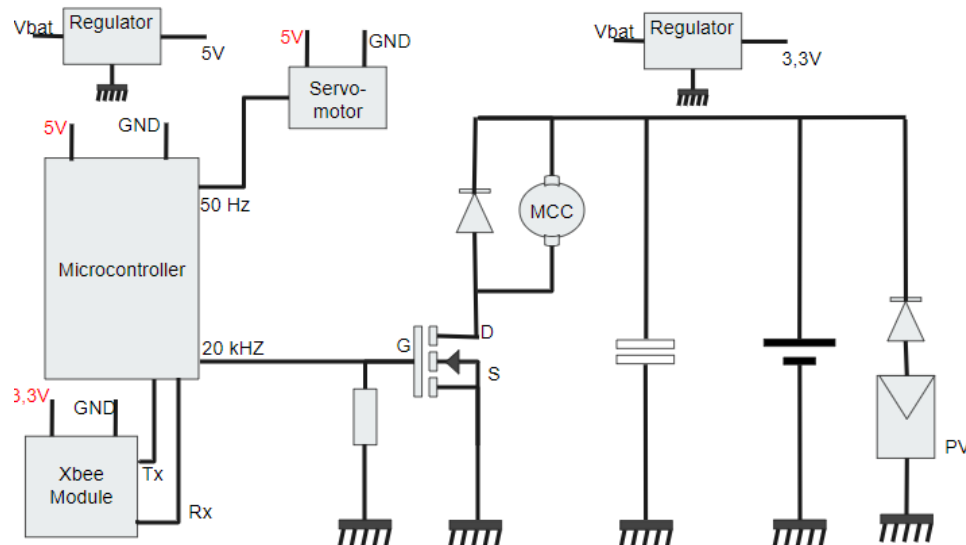


Figure 5 : schéma électrique

Notre montage fonctionne donc ainsi :

L'un des éléments fondamentaux de notre projet, qui est le panneau solaire flexible 12V, va servir à charger notre batterie via l'ensoleillement. La batterie supporte et fournit une tension de 12V continu. Une diode de sécurité (pour éviter que le courant entre dans le panneau solaire) est déjà intégré à notre panneau mais par précaution nous avons préféré afficher cette dernière sur notre schéma électrique.



Figure 6 : panneau solaire flexible



Figure 7 : batterie 12V

Après la batterie, il y a tout d'abord le condensateur de découplage pour évacuer les harmoniques de hautes fréquences venant du microcontrôleur issu du signal PWM (modulation de largeur d'impulsion).

La batterie vient fournir une tension de 12V à notre MCC (Machine à Courant Continu). Ce dernier est le moteur de notre véhicule, il en assure la motricité. De plus, une diode de sécurité est placée en parallèle à la MCC pour empêcher le courant d'entrée simultanément par les 2 bornes.



Figure 8 : Moteur à Courant Continu

Enfin, le hacheur qui est composé d'un transistor MOSFET, est positionné en sortie d'une broche PWM du microcontrôleur ou avant d'arriver sur le microcontrôleur. Sur la broche GATE, un signal de modulation de largeur d'impulsion (PWM) d'une fréquence de 20kHz est

envoyé, ce qui permet au courant de passer entre le DRAIN et la SOURCE selon le signal PWM.



Figure 9 : transistor MOSFET

N'oublions pas la partie direction de notre voiture solaire qui elle est contrôlée par un signal PWM d'une fréquence de 50Hz, transmis par le microcontrôleur également, et directement réceptionné par le servomoteur qui lui est alimenté par une tension de 5V.



Figure 10 : servomoteur

5. Commander à distance la voiture

Après avoir réalisé le schéma synoptique de notre voiture, nous avons décidé des composants à utiliser. Ceux-ci doivent permettre de traiter l'information dans la voiture et d'envoyer des informations entre la télécommande et la voiture. De ce fait, nous avons pris :

- Un microcontrôleur Mbed Nucleo F303K8 pour traiter les informations entrant dans la voiture
- Un module Xbee qui permet d'envoyer des signaux électriques sans-fil

5.1. Le microcontrôleur



Figure 11 : Mbed Nucleo F303K8

Comme annoncé précédemment, le microcontrôleur que nous allons utiliser est le Mbed Nucleo F303K8.

Ça facilité d'utilisation a été un facteur important dans notre choix de microcontrôleur. En effet, la programmation du microcontrôleur se fait entièrement sur internet, par le biais du site <https://www.mbed.com/en/>.

Afin de mieux le comprendre et mieux l'utiliser, nous avons étudié sa fiche technique et son brochage. Nous nous sommes également renseigné sur la liaison série RS232, celle-ci nous permet d'envoyer et de recevoir des informations depuis le microcontrôleur, à l'aide des broches RX et TX.

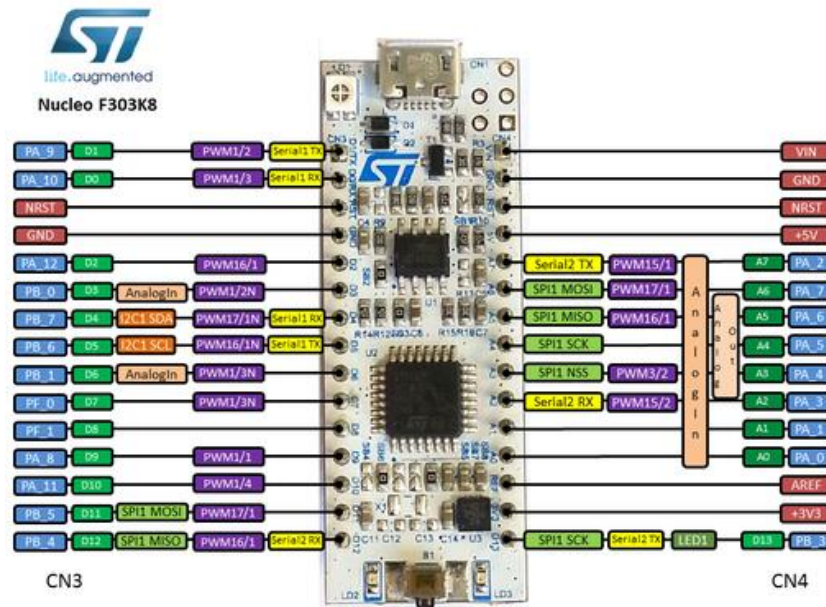


Figure 12 : brochage du microcontrôleur MBED Nucleo F303K8

Par la suite, nous avons effectué quelques tests comme la réception et l'émission d'un caractère envoyé depuis le PC. Pour ce faire, nous avons utilisé les broches TX (broche de transmission) et RX (broche de réception) du microcontrôleur.

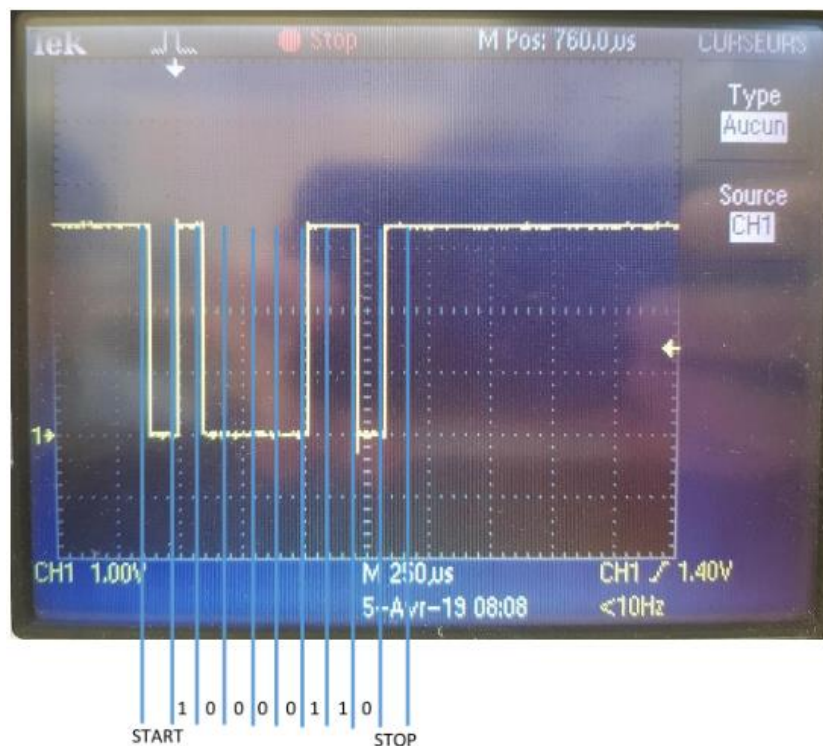


Figure 13 : visualisation du caractère « a »

Après la réalisation de ce test, nous avons remarqué que le caractère envoyé est converti en binaire à l'aide de la table ASCII. De plus, c'est le bit de poids faible qui est envoyé en premier,

donc "a" = 1100001. On en déduit que le microcontrôleur est réglé en little endian. Il est également encadré d'un bit de START et d'un bit de STOP.

Ainsi, nous avons commencé par transmettre et recevoir des données venant de l'ordinateur. Et ce, à l'aide d'un simple code :

```
main.cpp
1 #include "mbed.h"
2
3 Serial pc(USBTX, USBRX); // tx, rx
4 Serial micro(D1, D0); // tx, rx
5
6 int main() {
7
8     while (1) {
9         char c = pc.getc();
10        micro.printf("%c", c);
11
12        wait(1);
13    }
14 }
15
```

Figure 14 : code permettant de transmettre un caractère venant du PC au microcontrôleur

Après avoir réussi cette étape, nous avons décidé d'améliorer notre code afin qu'il permette de faire varier la rotation de notre servomoteur en fonction des touches du clavier.

```
main.cpp
1 #include "mbed.h"
2
3 Serial pc(USBTX, USBRX); // tx, rx
4 Serial micro(D1, D0); // tx, rx
5
6 PwmOut servo(PA_8);
7
8 float h;
9 float rapport_cyclique;
10
11 int main() {
12
13     servo.period(0.00005f);
14
15     while (1) {
16         int c = pc.getc() - '0';
17
18         if (0 <= c && c <= 9) {
19             rapport_cyclique = (1.0f/9.0f) * c;
20             servo.pulsewidth(rapport_cyclique * 0.00001f);
21         }
22
23         pc.printf("%.1f %s\n", rapport_cyclique*100);
24
25         wait(1);
26     }
27 }
28
```

```
test - HyperTerminal
Fichier Edition Affichage Appeler Transfert ?
55.6 %
66.7 %
11.1 %
88.9 %
44.4 %
```

Figure 15 : code permettant la variation du servomoteur

Maintenant que nous avons vu, comment traiter les données dans le microcontrôleur, nous allons voir comment envoyer puis recevoir les données entre l'automate et la télécommande.

5.2. Le module Xbee

Pour ce faire, nous allons utiliser deux modules Xbee qui vont interagir ensemble.



Figure 16 : module Xbee

Un module Xbee est un composant permettant l'émission et la réception de signaux.

Il est composé de plusieurs broches, dont deux qui permettent, respectivement, l'émission et la réception de signaux.

En analysant sa fiche technique, on obtient le brochage du module Xbee. Malheureusement, l'espacement entre les broches n'est pas le même que dans le système universel. De ce fait, un adaptateur nous a été fourni afin qu'il puisse se brancher à notre circuit électrique.



Figure 17 : adaptateur du module Xbee

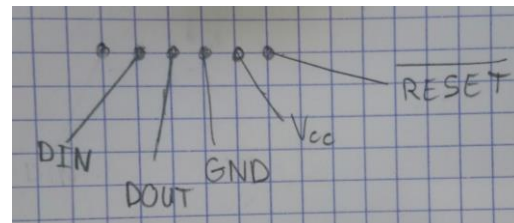


Figure 18 : brochage de l'adaptateur

Les broches qui nous vont nous permettre d'envoyer et de recevoir des signaux sont les broches DIN (broche permettant d'envoyer un signal à un autre module Xbee) et DOUT (broche permettant de recevoir un signal venant d'un autre Xbee).

5.3. Simulation de la télécommande

Sachant tout cela, nous avons donc décidé de câbler tous les composants afin de simuler la télécommande et la voiture.

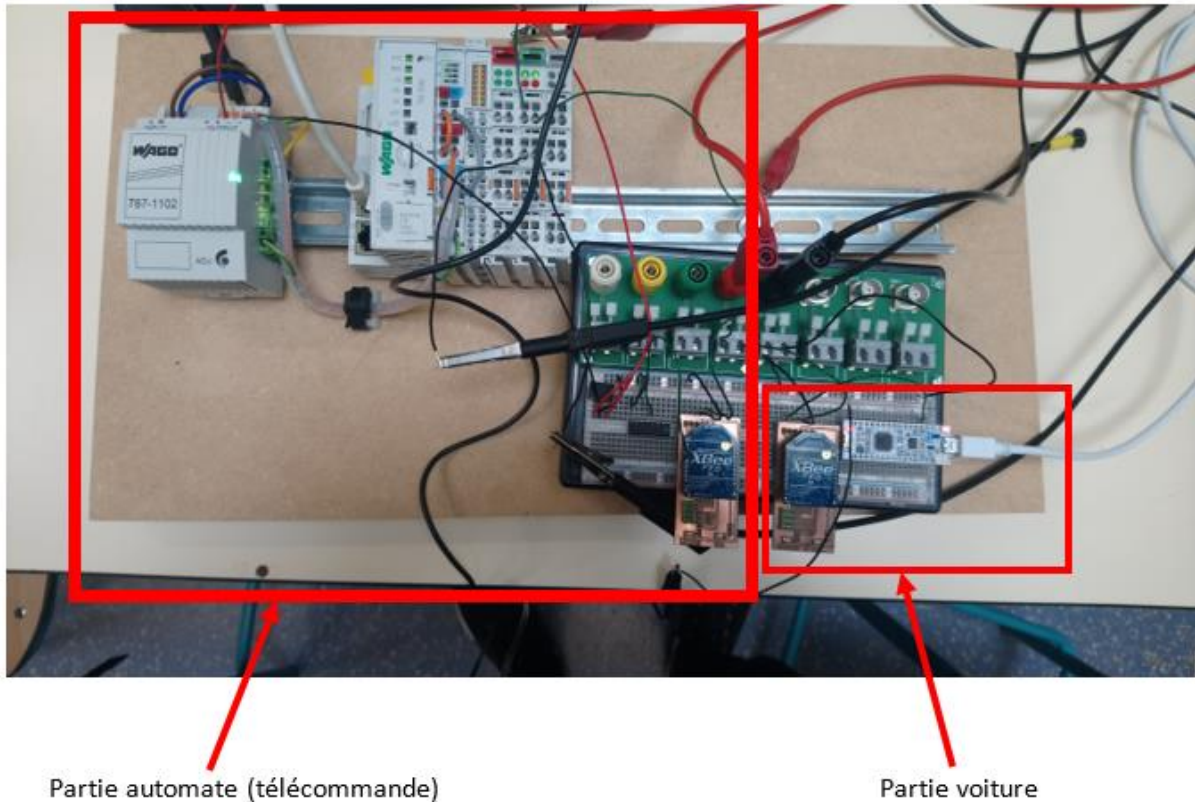


Figure 19 : simulation de la télécommande

Ensuite à l'aide d'un programme qui se trouve dans l'automate, nous appliquons deux tensions (allant de 0V à 10V) dans les broches analogiques de l'automate. Celles-ci sont envoyées sous la forme d'un pourcentage converti en signal carré, jusqu'à la partie voiture, en passant par le module Xbee.



Figure 20 : application de deux tensions

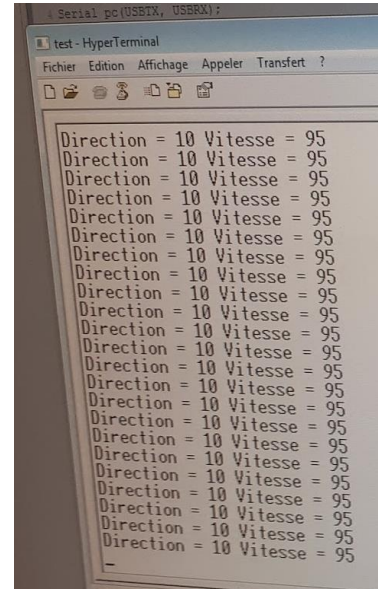


Figure 21 : tensions converties en pourcentage

Conclusion : État actuel de notre voiture

Quatre mois après le commencement de notre projet, notre voiture est presque intégralement construite. Le branchement et le positionnement des cartes électroniques sont les seuls ajouts nécessaires restants.

Suite aux nombreuses contraintes de construction, et aux diverses propositions faites par notre équipe, notre voiture s'est doté d'un design simple mais efficace que voici :

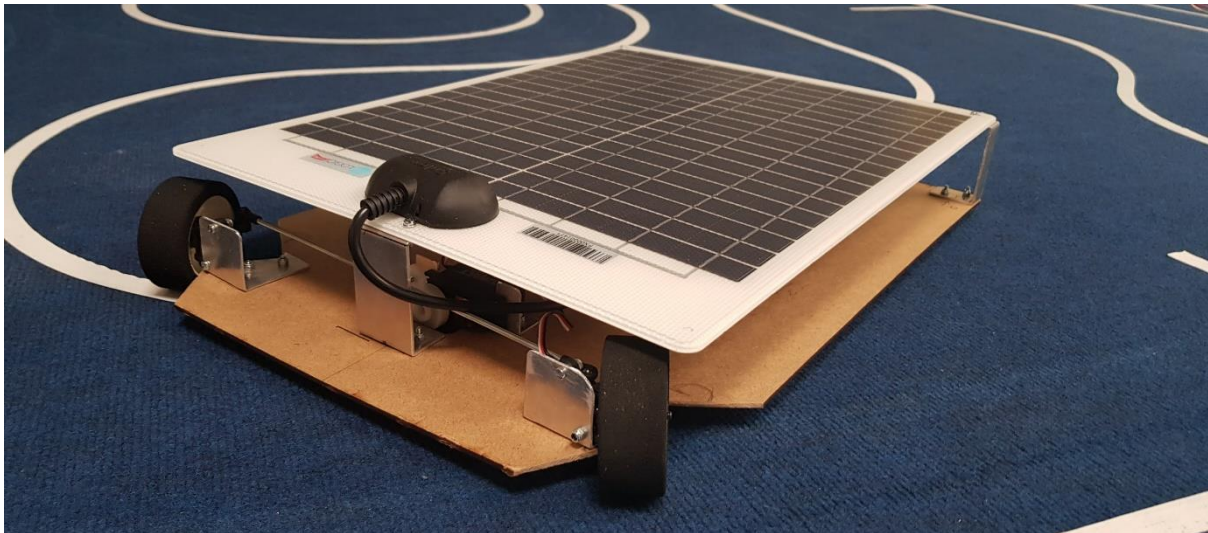


Figure 22 : voiture actuellement

Le choix d'un châssis cartonné et de fines structures (équerre, tiges) nous a permis de concevoir l'aspect léger voulu.

Cependant, après les premiers essais, nous avons constaté que le châssis en carton se déformait suite aux éventuels chocs. C'est pourquoi la nécessité d'une structure solide nous paraissait importante et nous a conduit à conserver l'intégralité du châssis ainsi qu'à imaginer un éventuel pare-chocs.

C'est également pour cette raison que la majorité des composants sont faits de métal, et l'ensemble est fixé par des vis ce qui permet de conserver une structure solide.

Enfin, le tout a été pensé pour être le plus compact possible pour permettre une forme ergonomique et donc une conservation de l'énergie dépensée par le moteur. La taille de notre voiture a été choisie en fonction de la taille du panneau solaire (nous ne pouvons pas faire plus petit) et nous avons profité de cet espace pour répartir l'intégralité de nos composants sous

le panneau. Ainsi, les différents composants sont organisés de sorte à répartir le poids total de la voiture, ce qui nous permet de conserver un bon équilibre.

Table des figures

FIGURE 1 : DIAGRAMME DE GANTT	5
FIGURE 2 : PHOTO DE LA DÉCOUPEUSE LASER.....	7
FIGURE 3 : SCHÉMA MÉCANIQUE DE LA VOITURE.....	8
FIGURE 4 : SCHÉMA SYNOPTIQUE	9
FIGURE 5 : SCHÉMA ÉLECTRIQUE.....	11
FIGURE 7 : BATTERIE 12V	12
FIGURE 6 : PANNEAU SOLAIRE FLEXIBLE.....	12
FIGURE 8 : MOTEUR À COURANT CONTINU	12
FIGURE 9 : TRANSISTOR MOSFET.....	13
FIGURE 10 : SERVOMOTEUR.....	13
FIGURE 11 : MBED NUCLEO F303K8.....	14
FIGURE 12 : BROCHAGE DU MICROCONTRÔLEUR MBED NUCLEO F303K8	15
FIGURE 13 : VISUALISATION DU CARACTÈRE « A ».....	15
FIGURE 14 : CODE PERMETTANT DE TRANSMETTRE UN CARACTÈRE VENANT DU PC AU MICROCONTRÔLEUR..	16
FIGURE 15 : CODE PERMETTANT LA VARIATION DU SERVOMOTEUR.....	16
FIGURE 16 : MODULE XBEE	17
FIGURE 18 : BROCHAGE DE L'ADAPTATEUR.....	17
FIGURE 17 : ADAPTATEUR DU MODULE XBEE	17
FIGURE 19 : SIMULATION DE LA TÉLÉCOMMANDE	18
FIGURE 20 : APPLICATION DE DEUX TENSIONS	19
FIGURE 21 : TENSIONS CONVERTIES EN POURCENTAGE.....	19
FIGURE 22 : VOITURE ACTUELLEMENT.....	20