

Projet Tutoré – Étude et Réalisation

Commande à distance d'un karting électrique





Projet Tutoré – Étude et Réalisation

Commande à distance d'un karting électrique

Sommaire

Introduction.....	4
1. Présentation du sujet.....	5
1.1. Cahier des charges	5
1.2. Qu'est-ce que la transmission FM?.....	6
1.3. Planning	7
2. Études du système.....	8
2.1. Solutions envisagées	8
2.2. Choix des composants.....	9
2.3. Les principaux composants	10
2.3.1. Les modules d'émission FM.....	10
2.3.2. Les modules de réception FM.....	11
2.3.3. Le régulateur de tension LM2574N-5.....	12
2.3.4. Le relais AGQ20012.....	13
3. Réalisation.....	13
3.1. Routage sur Orcad	13
3.1.1. Schéma d'alimentation.....	14
3.1.2. La télécommande FM.....	14
3.1.3. Le récepteur FM.....	15
3.1.4. Le typon.....	17
3.2. Problèmes rencontrés	19
3.2.1. Le montage à transistor.....	19
3.2.2. Le code émetteur/récepteur.....	19
3.2.3. Les relais.....	19
3.2.4. Le routage sur Orcad	20
3.3. Ce qu'il reste à faire.....	20
Conclusion.....	21
Résumé.....	22
Index des illustrations.....	23
Bibliographie.....	25
Annexes.....	26

Introduction

Au cours du 4ème semestre, nous avons à réaliser dans le cadre de notre cursus un projet en relation avec les matières du GEII. Nous avons choisi de poursuivre le travail débuté par Maxime BERTRAND et Kevin BOUHOUDIN[1], deux anciens étudiants de 2ème année de l'IUT GEII.

Celui-ci consiste à couper l'alimentation d'un karting électrique à distance et de le rallumer, tout aussi simplement, à l'aide d'une télécommande. Nous avons trouvé l'idée intéressante à mettre en place, car elle regroupe à la fois le thème des liaisons sans-fils et l'électronique de base. Le binôme précédent avait établi un schéma de principe pour réaliser une télécommande et un récepteur. Notre but a été dans un premier temps, de réaliser les 2 cartes électroniques qui étaient à l'étude, puis de modifier le prototype pour pouvoir obtenir une version finale fiable.

Comment avons-nous procédé pour mettre en place ce dispositif ? C'est ce que nous verrons en commençant par une présentation détaillée du projet. Nous étudierons ensuite les solutions technologiques mises en place pour créer le dispositif. Enfin, la dernière partie sera consacrée à la réalisation et aux problèmes rencontrés.

1. Présentation du sujet

Le pilotage à distance d'un karting peut être installé dans n'importe quel bolide équipé d'une propulsion électrique. En ajoutant un boîtier récepteur au niveau du moteur électrique, on ajoute un côté sécuritaire lorsque des enfants l'utilisent. Grâce à une télécommande, un adulte peut non seulement couper l'alimentation, mais aussi remettre en marche la machine à une distance d'une cinquantaine de mètres.

Ce dispositif peut aussi fonctionner sur le principe d'une alarme. Si personne n'appuie sur le bouton « go » (ou démarrer) de la télécommande, le kart ne démarre pas après la mise sous tension.

1.1. Cahier des charges

Les dispositifs existants restent coûteux. C'est pourquoi M. LEQUEU nous a demandé de réaliser notre propre module d'émission-réception. Il faudra télécommander la mise en marche, puis l'arrêt d'un karting et donc concevoir à la fois la partie émettrice et réceptrice.

Le module de réception doit pouvoir être intégré facilement dans le karting. Il doit aussi être compatible avec le modèle Speedomax¹ de télécommande existant. La transmission doit être établie grâce aux ondes FM.

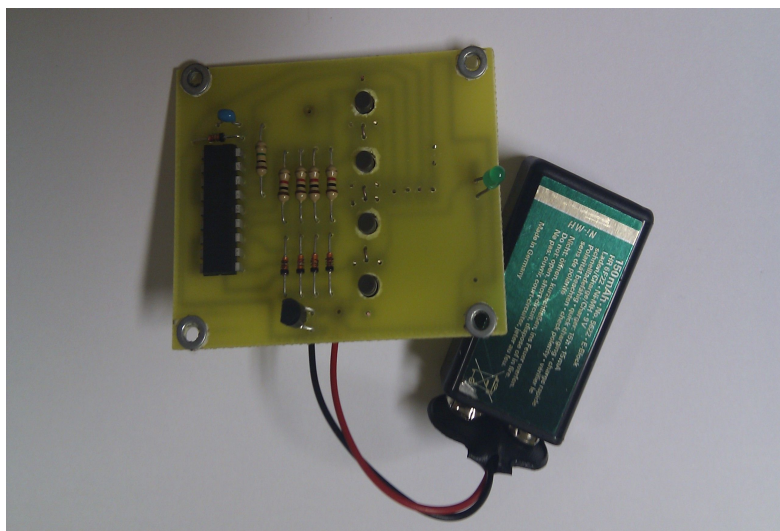


Illustration 1: Le modèle de télécommande Speedomax[0]

1 Speedomax : Fabricant de karting électrique

La télécommande doit être alimentée par une batterie 9V, transportable, résistante aux chocs, aux vibrations et facile d'utilisation.

La carte de réception devra capter le signal émis à au moins 25 mètres (en zone dégagée) pour ensuite le décoder et commander un relais qui coupera l'alimentation du karting.

Dans un premier temps, le relais sera manipulé à l'aide d'une commande par transistor, mais on pourra modifier le montage pour installer un micro-contrôleur (de type ATMEGA 8535) qui permettra de traiter les informations.

On préférera utiliser les composants commandés par le binôme qui n'a pas terminé le projet. Aucun budget n'a été fixé, mais les composants les plus chers ayant été commandés, notre réalisation ne devait pas coûter plus de 25€ à l'IUT.

1.2. Qu'est-ce que la transmission FM?

La transmission FM est un moyen de communiquer des informations à distance. Elle est par exemple utilisée dans les télécommandes, dans les téléphones portables ou pour écouter de la musique à travers des émissions radiophoniques aussi appelée radiodiffusion (broadcast).

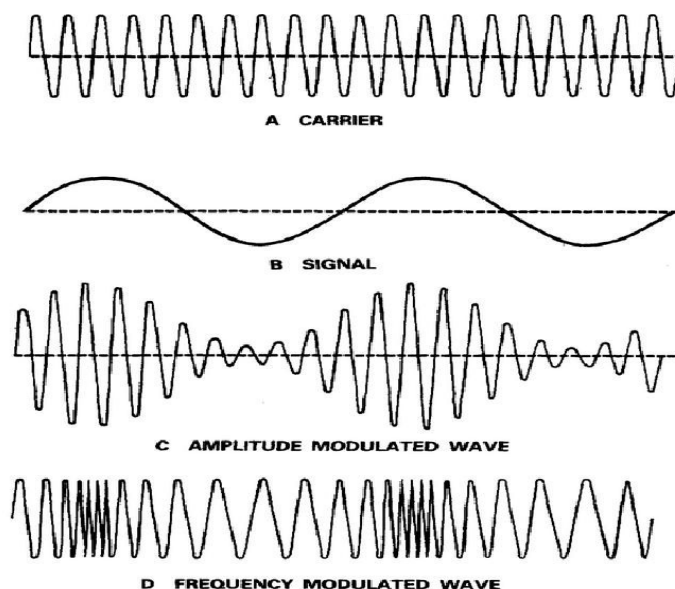


Illustration 2: Principe de la modulation d'amplitude et de la modulation de Fréquence[0]

Pour transmettre de l'information en modulation de fréquence (FM), on module un signal d'entrée (aussi appelé modulant) en fréquence grâce à un signal porteur de la fréquence désirée. Le signal va alors se moduler et envoyer une information en une haute fréquence. L'information est transmise dans la nature et va atteindre un module de réception.

Ce principe permet d'envoyer un signal avec une taille d'antenne raisonnable. Si le signal était transmis tel quel, il faudrait une antenne de l'ordre du kilomètre. C'est pourquoi, on module l'information en haute fréquence, pour le transmettre avec une antenne de l'ordre du centimètre. Contrairement à une modulation d'amplitude, le signal FM peut-être transmis dans des conditions plus difficiles et est moins vulnérable au bruit.

1.3. Planning

Pour répondre au cahier des charges, nous avons pour l'instant bénéficié de treize séances de projet et de trois séances libres. Un cours, a été consacré à la formation au logiciel Orcad permettant, de réaliser schéma électrique et typon.

Prise de connaissance du sujet	■	■																	
Études des différentes solutions techniques		■			■	■	■												
Choix des solutions techniques		■			■	■													
Étude du système		■	■		■	■				■	■								
Mise en œuvre (routage sur Orcad)			■			■				■	■				■				
Réalisation du système				■			■				■	■		■	■				
Mesures et tests				■		■	■	■				■	■	■	■				
Réalisation du rapport						■	■			■	■		■					■	
Présentation orale																			■

Planning Prévisionnel	■
Planning Réel	■
Vacances	■
Absent	■

Tableau 1: Planning prévisionnel et réel du projet[0]

L'étude du système a été relativement rapide. Nous avons repris les recherches réalisées par les précédents étudiants, pour ensuite corriger les erreurs et faire un premier prototype fonctionnel. C'est pour cela que plusieurs phases de conception sont visibles sur le planning ci-dessous (3 phases au total).

2. Études du système

2.1. Solutions envisagées

Pour des raisons économiques et de temps, nous avons gardé les composants choisis par le groupe précédents. Nous avons donc conservé les mêmes modules d'émission et de réception. Les relais ayant eux aussi été commandés, ils ont été conservés.

Voici les schémas fonctionnels du projet :

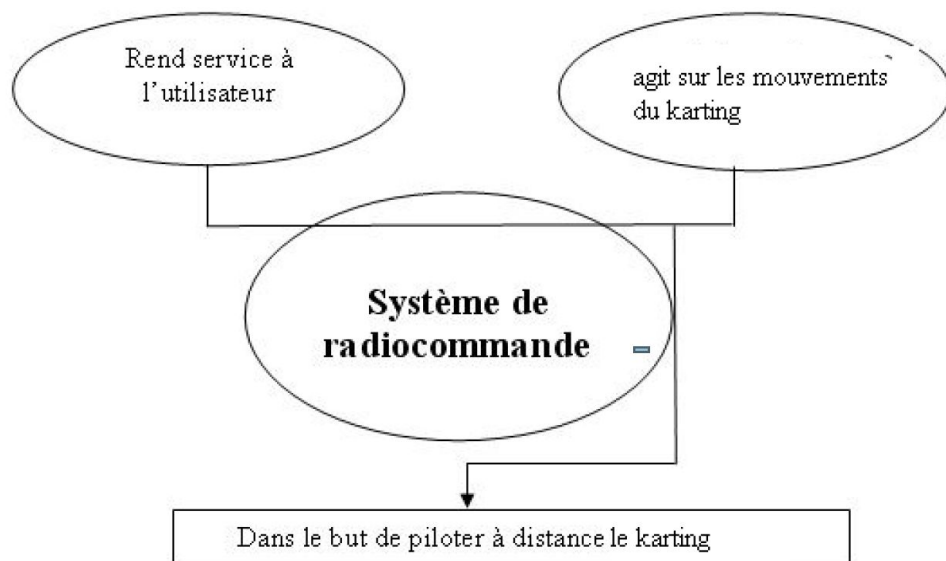


Illustration 3: Schéma fonctionnel "bête à cornes du projet"[1]

On doit pouvoir commander la carte à distance, sans perturber l'environnement. C'est pourquoi nous avons tout d'abord pris soin de ne pas générer de parasites, mais aussi de ne pas laisser les modules d'émission/réception sans codage (voir partie sur les composants).

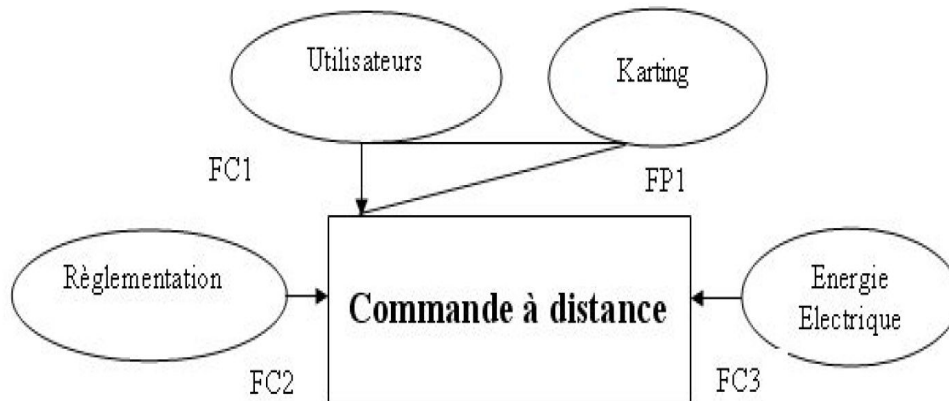


Illustration 4: Diagramme des interactions[1]

En FP1, on commande la carte grâce à la télécommande. En FC1, on peut ajouter certains réglages de commande. Pour FC2, la portée doit être de minimum 25m. Tandis qu'en FC3, on alimente la télécommande grâce à une batterie type 9V et le récepteur en 12V.

2.2. Choix des composants

Pour respecter le budget, nous avons pris de préférence les composants disponibles au magasin. Voici leur nomenclature et le prix de chacun.

Fournisseur	Nature du composant	Référence	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Notes
Radiospares	Module d'émission	HT-12E	3,83	1	3,83	
Radiospares	Encodeur d'émission	RWS 435A	2,83	1	2,83	
Radiospares	Transistor	2N2222	0,16	1	0,16	
Radiospares	Diode	1N4007	0,18	4	0,72	Vendu par sachet de 5
Radiospares	DEL	2ma 3mm Verte	0,17	1	0,17	Vendu par sachet de 50
Radiospares	Bouton Poussoir	Bouton poussoir	0,44	4	1,74	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Fil pour batterie	Type 9V	1,45	1	1,45	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Résistance	10k	0,25	4	1	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Support HT12-E	Tulipe	0,91	1	0,91	
Radiospares	Plaque cuivrée	160x100	3,24	1	3,24	
				Total	19	16,05

Tableau 2: Nomenclature Émetteur[0]

Fournisseur	Nature du composant	Référence	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Notes
Radiospares	Module de réception	HT12D	3,28	1	3,28	
Radiospares	Décodeur de réception	RWS 434	5,2	1	5,2	
Radiospares	Condensateur	100 µF 63V	0,28	1	0,28	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Condensateur	220 µF 6,3V	0,27	1	0,27	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Condensateur	100 nF	0,1	2	0,2	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Transistor	2N2222	0,16	2	0,32	
Radiospares	Diode	1N4007	0,18	1	0,18	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Diode	1N	0,24	1	0,24	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Diode	1N5819	0,24	1	0,24	Vendu par sachet de 5
Radiospares	DEL	2ma 3mm Rouge	0,16	1	0,16	Vendu par sachet de 50
Radiospares	DEL	2ma 3mm Orange	0,08	1	0,08	Vendu par sachet de 50
Radiospares	DEL	2ma 3mm Verte	0,17	1	0,17	Vendu par sachet de 50
Radiospares	Relais	AGQ20012	5,25	1	5,25	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Inductance	47 µH	0,98	1	0,98	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Bornier	2 fils	0,65	1	0,65	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Bornier	3 fils	0,37	1	0,37	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Résistance	10k	0,04	4	0,17	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Résistance	1,5k	0,06	1	0,06	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Résistance	33k	0,06	1	0,06	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Résistance	2,2k	0,57	1	0,57	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Résistance	6,8	0,25	1	0,25	Vendu par sachet de 5
Radiospares	Plaque cuivrée	160x100	3,24	1	3,24	

Total	27	22,22
-------	----	-------

Tableau 3: Nomenclature récepteur[0]

Le prix de l'émetteur est donc d'environ d'environ 20€ TTC, tandis que le récepteur vaut à peu près 25€ TTC sans compter le boîtier. Il faut savoir que plus les composants sont commandés en quantité, plus le coût diminue. C'est pourquoi, construire les modules à l'IUT a été moins onéreux (commande de gros au magasin).

2.3. Les principaux composants

2.3.1. Les modules d'émission FM

Pour émettre en FM, il faut deux circuits intégrés. L'un module l'information, l'autre la transmet. Pour coder l'information, nous avons choisi de prendre le module HT-12E. Celui-ci va convertir un signal booléen (de type appui ou non sur un bouton poussoir) en une trame². Cette trame va notamment contenir l'information de chaque bouton poussoir, mais aussi la destination de ces paquets et le code du module. En effet, nous avons pu voir que pour transmettre facilement une information, on peut établir un code sur 8 bits. Il suffit de relier ou

² Une trame est un ensemble de paquet d'information véhiculé à travers un support physique.

non les pattes A0 à A7 du module à la masse. Ce code permet de pouvoir utiliser plusieurs récepteurs et émetteurs en même temps, dans le même environnement, sans générer de problème.

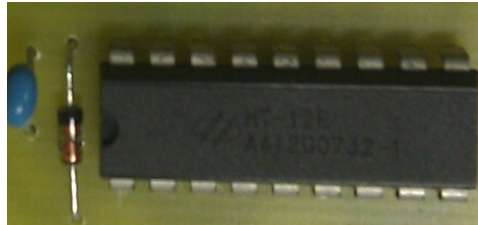
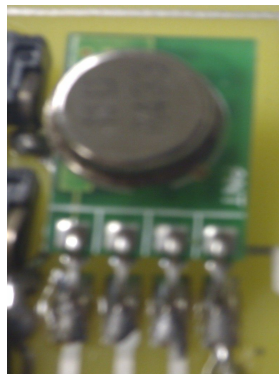


Illustration 5: Encodeur HT-12E[0]

Pour utiliser ce type de circuit, il faut établir un montage oscillateur. Le rôle de celui-ci est joué par la résistance d'oscillation que nous avons fixé à 750 kohms.

Après le module de codage, on monte un circuit d'émission. Grâce à la trame transmise par le HT-12E, le RWS-434A va envoyer les informations que l'on désire grâce à une antenne d'une dizaine de centimètres minimum (3,5 pouces voir en annexe).



*Illustration 6:
Émetteur FM[0]*

2.3.2. Les modules de réception FM

Tout comme l'émetteur, le module de réception a besoin de deux composant. Le premier : le RWS-434 reçoit l'information sous forme de trame, par le biais d'une antenne, d'une dizaine de centimètres et l'envoi au décodeur. Le HT-12D va ingérer l'information et la transcrit en bit de 0 ou 1 sur chacune de ces sorties. On peut alors brancher les relais que l'on désire commander à ces quatre

sorties. Le décodeur a besoin du même code que le HT-12E pour fonctionner. Pour être compatible avec la télécommande Speedomax, nous avons repris le code utilisé par le constructeur. Toutes les pattes à la masse, sauf A2 et A7.

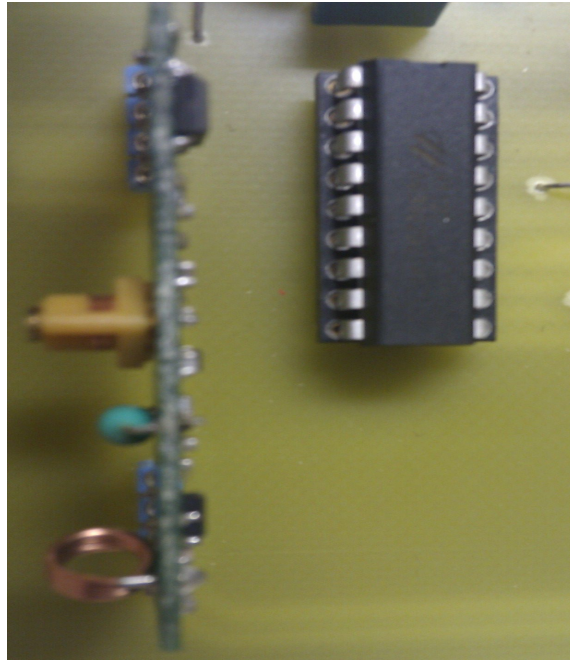


Illustration 7: A gauche, le récepteur FM. A droite, le décodeur[0]

2.3.3. Le régulateur de tension LM2574N-5

Le LM2574N-5 est un régulateur de tension, capable de maintenir une source de tension comprise entre 7 et 40 volts continu. Il va faire en sorte d'obtenir 5 volts en sortie en toutes circonstances. C'est pourquoi, on alimente le montage sous 12V, vu que l'alimentation est délivrée par les batteries du karting. Le bon fonctionnement du régulateur est indiqué par la led orange positionnée au dessous du décodeur.



Illustration 8: Le Régulateur de tension LM2574-5[0]

2.3.4. Le relais AGQ20012

Le relais AGQ20012 est un dispositif utilisé pour la commutation de circuit électrique. Le relais de marque Panasonic, que nous avons eu à notre disposition permet de faire commuter un circuit et donc d'arrêter et de démarrer le karting comme on le souhaite avec à une alimentation de 12V. Avec ce relais, on peut commuter 2 circuits. Grâce à l'auto maintien réalisé par notre système de télécommande, il suffit d'appuyer sur le bouton « go » pour que le karting roule et d'appuyer sur n'importe quel autre pour qu'il s'éteigne.



*Illustration 9: Relais Panasonic
AGQ20012[0]*

3. Réalisation

3.1. Routage sur Orcad

Une partie routage sur Orcad avait déjà été réalisé par le groupe précédent. Mais les fichiers n'ont pas été conservés. Il a donc fallu reprendre la réalisation des typons depuis le début.

De plus, il a fallu apporter de nombreuses modifications pour poursuivre ce travail, car de nombreuses erreurs existaient. Les différents schémas électriques qui composent la carte ont été effectués à partir du logiciel Orcad Capture. Les librairies et les empreintes des composants utilisés ont été fabriqués par M. LEQUEU et M. BRAULT. Une empreinte spécifique a été réalisée pour le récepteur FM (RWS-434) et pour l'intégration de la carte finale dans le boîtier adéquat.

3.1.1. Schéma d'alimentation

Voici donc le schéma électrique de l'alimentation qui permet entre autre d'obtenir la tension nécessaire à la carte de 5 volts. Pour que le circuit

d'alimentation soit le plus discret possible, celui-ci a été réduit au minimum. L'habituelle super filtrage et protection par fusible a été supprimé.

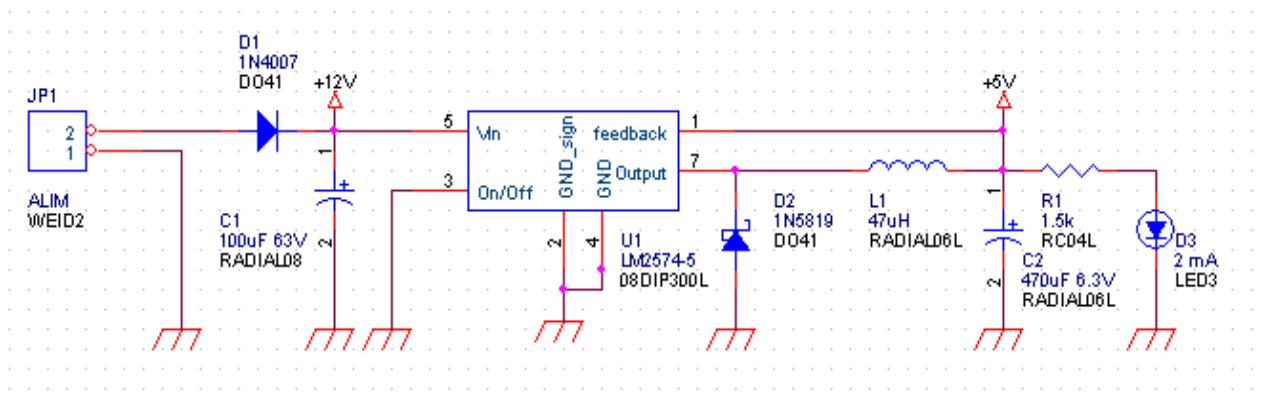


Illustration 10: Schéma d'alimentation sous Orcad

La diode orange montre le bon fonctionnement de celui-là.

3.1.2. La télécommande FM

Nous avons réalisé une télécommande selon le même principe que le modèle fabriqué par Speedomax. Les composants ont été agencés là aussi pour permettre de faire une télécommande la plus petite possible.



Illustration 11: Télécommande speedomax et ses 4 boutons[0]

Pour permettre d'économiser au maximum la pile de la télécommande, un montage avec un transistor, permet d'alimenter le circuit seulement s'il y a appui

sur un bouton de celle-ci. Ainsi la transmission FM ne se fait que lorsque une information utile est transmise. Ce système présente un deuxième avantage, puisqu'il fonctionne en auto-maintien sur le récepteur. Nous reverrons ce point-ci dans la partie suivante (partie récepteur FM).

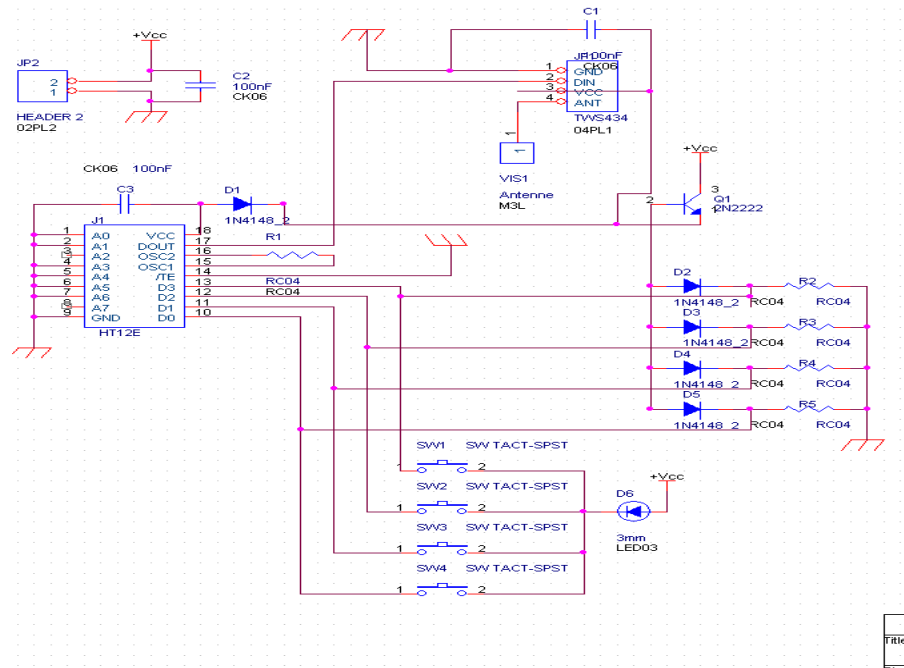


Illustration 12: Schéma de l'émetteur sous Orcad[0]

3.1.3. Le récepteur FM

Le récepteur FM a été réalisé en plusieurs temps. Dans un premier, nous avons réalisé deux prototypes permettant de trouver les erreurs de conception. Le deuxième prototype permettait non seulement de tester toutes les sorties du décodeur, mais aussi d'ajouter des options au récepteur (4 relais disponibles). Chacun d'eux est piloté par un transistor en montage émetteur commun. Des LED ont été ajoutées pour montrer le bon fonctionnement de chaque fonction.

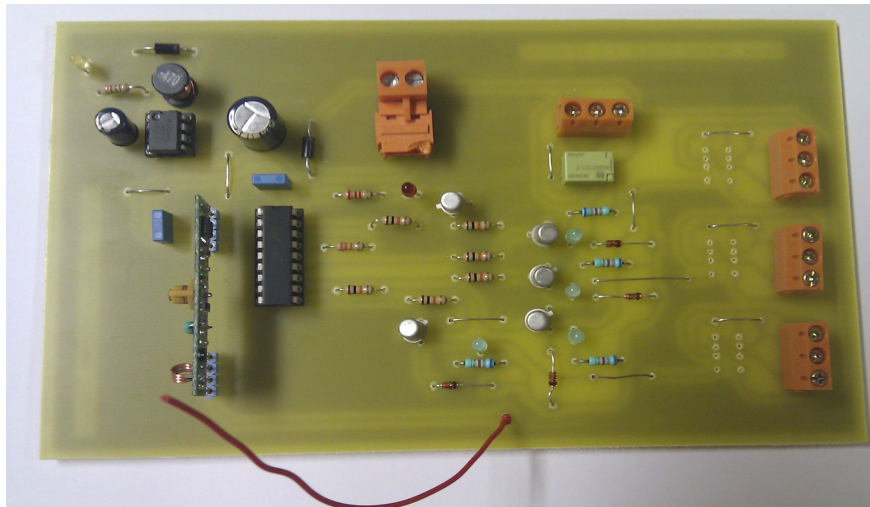


Illustration 13: Deuxième prototype réalisé par nos soins[0]

Mais ce prototype était trop gros pour pouvoir être intégré dans le karting facilement. De plus beaucoup de composants n'avaient pas d'utilité pour commander la fonction stop et go. Il suffisait en effet de réduire l'espacement entre les composants et de supprimer 3 des 4 circuits de commande pour créer un récepteur adéquat.

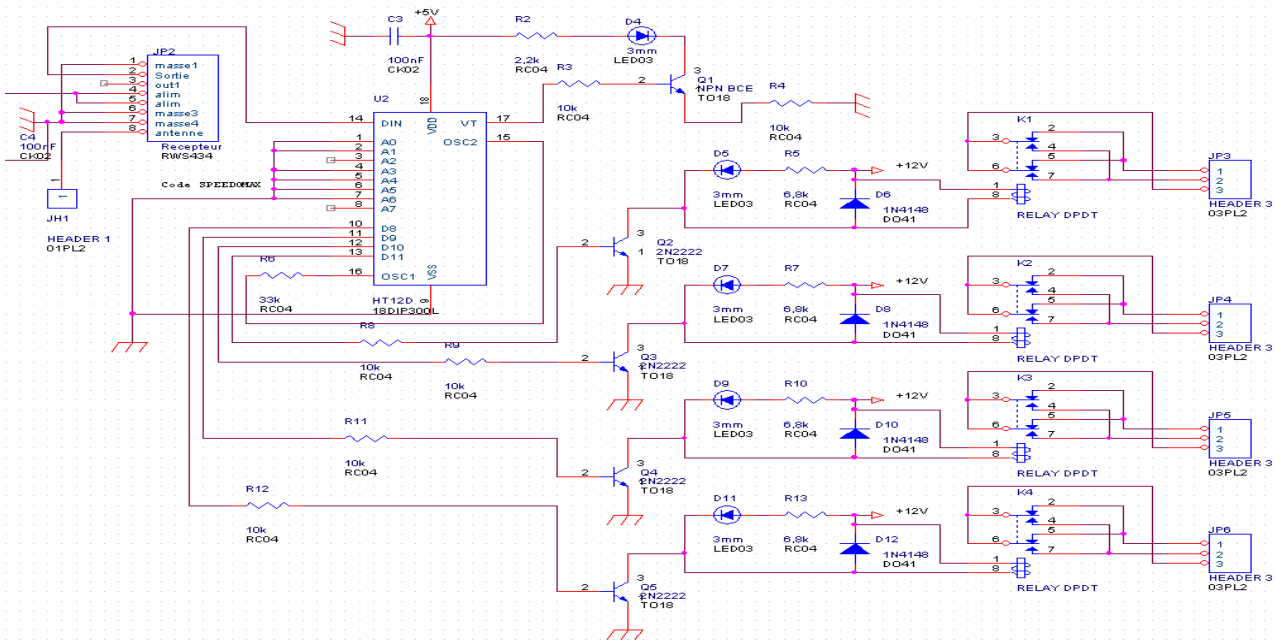


Illustration 14: Deuxième prototype fonctionnel[0]

C'est pourquoi, nous avons fabriqué une dernière carte, de taille réduite, capable de rentrer dans un boîtier résistant, et permettant une fixation aisée sur le karting électrique.

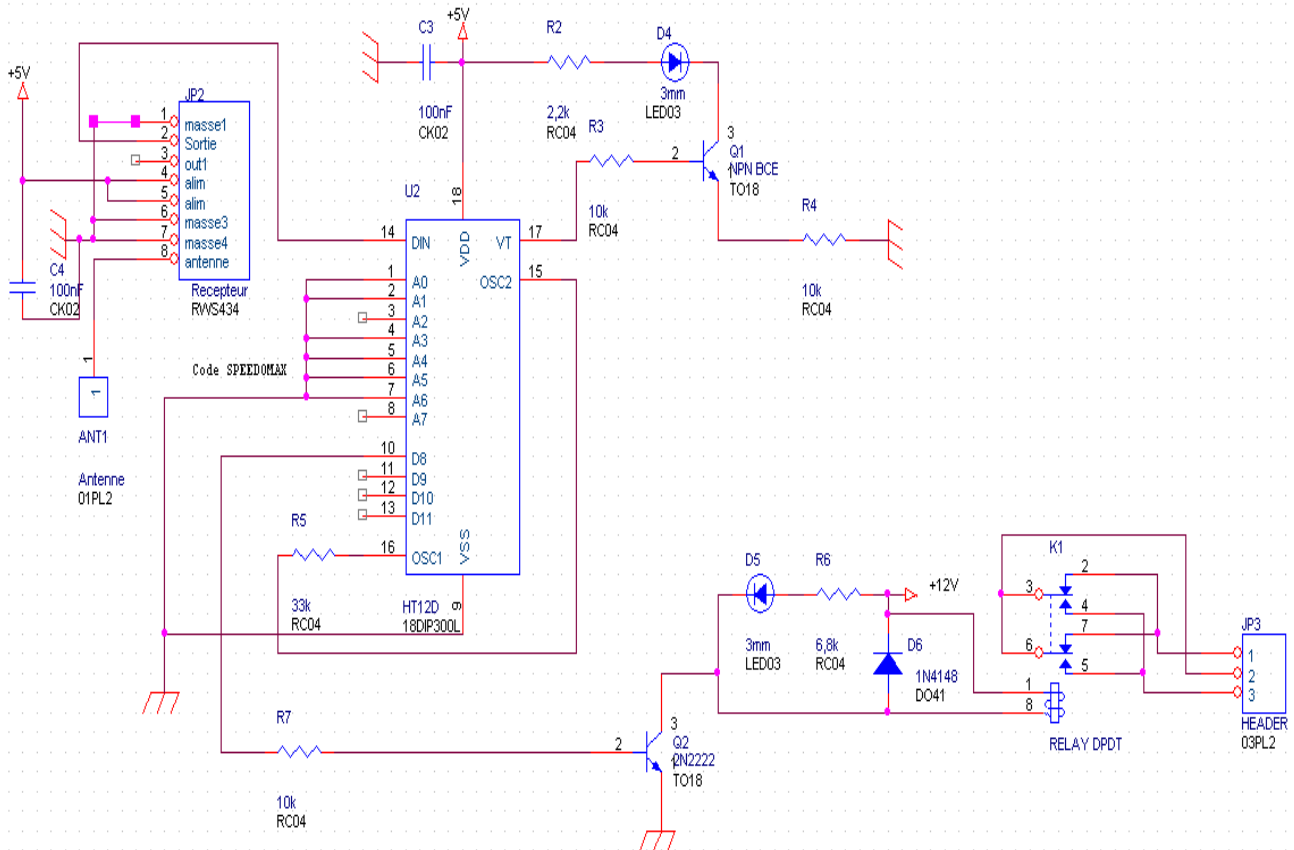


Illustration 15: Schéma électrique du récepteur FM pour intégration dans le karting[0]

Il faut faire attention aux entrées A0 à A7 des circuits intégrés. En mettant certaines à la masse, on a créé une sorte de code de sécurité qu'il faut retranscrire sur l'émetteur. Ce code a été choisi de façon à être identique à celui de la télécommande Speedomax (A0 et A7 restent en l'air).

3.1.4. Le typon

Après avoir effectué différents réglages, on obtient le typon final. Pour créer la version finale du récepteur (boîtier réduit), il a fallu non seulement créer une nouvelle empreinte pour le récepteur FM, mais aussi un fichier spécial pour intégrer les dimensions et les vis du boîtier dans lequel nous voulions fixer la carte réceptrice.

Voici les typons réalisés par nos soins :

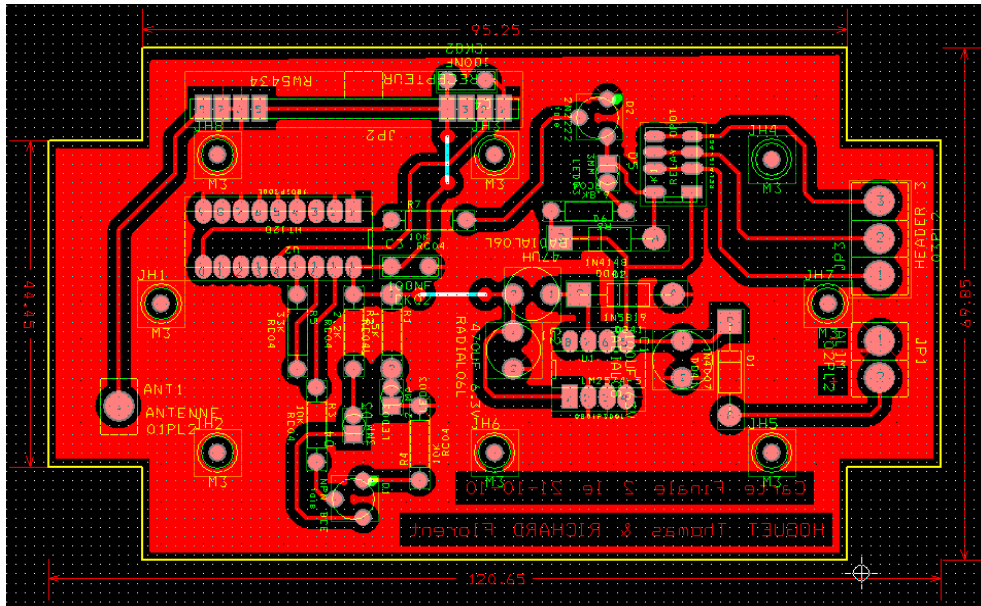


Illustration 16: Typon du récepteur FM[0]

Le routage a été réalisé pour plus de facilité en simple face. C'est pourquoi, des fils (appelés aussi straps) sont visibles sur la carte réceptrice (2 au total, en bleu ci-dessus) sur la face composant.

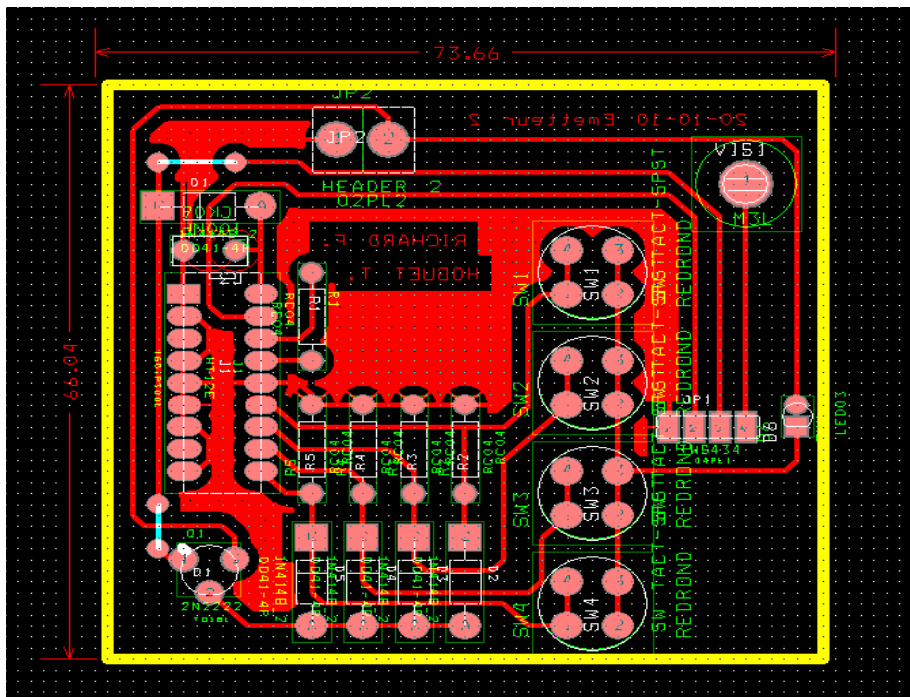


Illustration 17: Typon de l'émetteur FM[0]

3.2. Problèmes rencontrés

Lors de la création, nous avons rencontré quelques problèmes, qui nous ont pris du temps à résoudre.

3.2.1. Le montage à transistor

C'est la partie, qui avaient été la plus problématique puisque non seulement certains transistors utilisés ont été récupérés sur d'autres cartes, mais aussi parce que les empreintes Orcad ne sont pas très claires concernant le sens de chaque transistor.

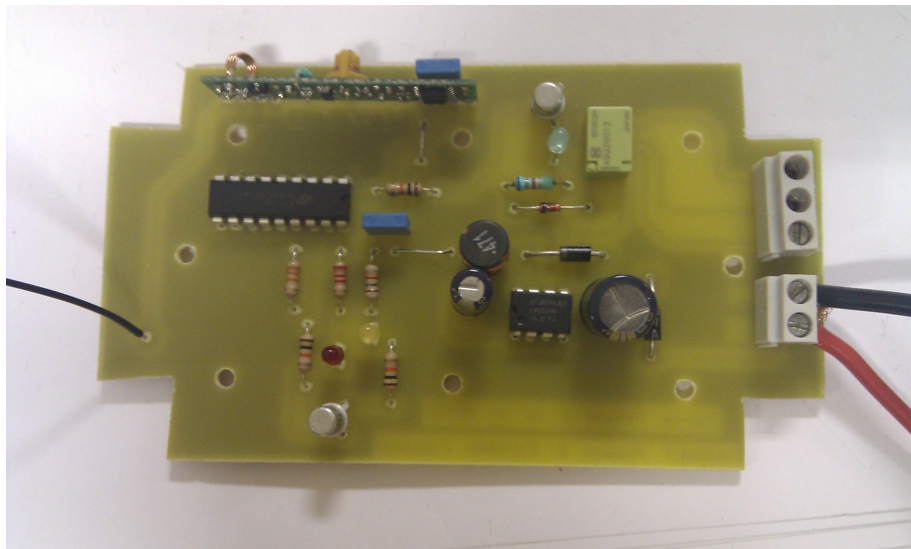


Illustration 18: Carte réceptrice finale[0]

3.2.2. Le code émetteur/récepteur

Nous devons au préalable comprendre le processus de transmission des trames du circuit imprimé. On a ainsi vu que pour envoyer une trame, il faut auparavant vérifier que le code de chaque module soit identique et que les antennes soit de bonnes longueurs.

3.2.3. Les relais

Les relais que nous avons utilisés avaient déjà été commandés lorsque le projet a commencé. Ces relais fonctionne avec une tension nominale de 12V. Or au départ nous avons prévu d'alimenter les montages seulement en 5V. De plus il

a fallu faire très attention au câblage, car la dénomination des pattes sur la datasheet est flou.

3.2.4. Le routage sur Orcad

Le plus dur dans le routage a été de respecter le cahier des charges. Il fallait non seulement faire attention à la disposition des composants pour éviter les problèmes de CEM, mais aussi faire attention aux trous de fixation sans pour autant dépasser les grandeurs du boîtier.

3.3. Ce qu'il reste à faire

A l'heure de la rédaction, une erreur subsiste sur la carte de réception. Celle-ci sera supprimée lors des 2 dernières séances d'étude et réalisation du lundi 8 novembre.

Il faudra aussi monter le dispositif sur le karting pour pouvoir le tester en grandeur nature. Des tests de portée et de vibration seront alors fait pour voir si le récepteur correspond au cahier des charges.



Illustration 19: Carte réceptrice dans son boîtier[0]

Conclusion

Durant les heures consacrées à la réalisation du projet, nous avons mis en application nos connaissances théoriques et pratiques acquises lors des quatre semestres. Il nous a fallu comprendre et maîtriser la liaison FM, afin de mettre en place des solutions pratiques et fonctionnelles, pour fabriquer notre commande à distance.

Dans un premier temps, des études ont été faites sur la réalisation du binôme précédent. Puis des changements ont été apportés aux schémas électriques et typons pour concevoir les prototypes et la version finale.

Lors du projet, nous nous sommes heurtés à de nombreux problèmes . Pour les résoudre, une démarche scientifique a été mise en place, afin de contourner chacun d'eux. Malgré cela, une erreur subsiste, et les prochains jours permettront de présenter une version finale fonctionnelle lors de l'oral.

Le projet a donc été pour nous un reflet du monde du travail. Avec notre démarche, notre rigueur et nos efforts, on s'est approché d'une véritable expérience professionnelle.

Résumé

La liaison FM est une technologie permettant d'envoyer des informations à distance en modulant en fréquence une information. Dans notre cas, on peut alors commander à 25 mètres avec une télécommande grâce à des hautes fréquences, l'arrêt et le départ d'un karting électrique en agissant sur le moteur.

Le but a donc été de créer deux modules, capables de communiquer entre eux, pour commander le kart à la guise de l'opérateur. Dans un premier temps, l'étude technique de Maxime BERTRAND et Kevin BOUHOUDIN a été récupérée pour analyse et modification. Ensuite, une longue période a été passée à la compréhension des datasheet et à l'élaboration de prototypes.

La télécommande est composée de deux circuits : l'un code, l'autre transmet. Inversement pour le récepteur, un circuit imprimé reçoit une trame, le suivant la décode. On contrôle alors un relais qui sectionne ou non l'arrivée de l'alimentation au niveau du moteur.

Après avoir résolu les problèmes auxquels nous nous sommes confrontés, nous avons établi schémas électriques et typons afin de concevoir une version finale. Cependant, nous n'avons pas encore eu le temps de tester le dispositif sur un karting électrique. Du travail reste donc à produire dans les prochains jours pour tester la télécommande en plein nature.

205 mots

Index des illustrations

Illustration 1: Le modèle de télécommande Speedomax[0].....	5
Illustration 2: Principe de la modulation d'amplitude et de la modulation de Fréquence[0].....	6
Illustration 3: Schéma fonctionnel "bête à cornes du projet"[1].....	8
Illustration 4: Diagramme des interactions[1].....	9
Illustration 5: Encodeur HT-12E[0].....	11
Illustration 6: Émetteur FM[0].....	11
Illustration 7: A gauche, le récepteur FM. A droite, le décodeur[0].....	12
Illustration 8: Le Régulateur de tension LM2574-5[0].....	12
Illustration 9: Relais Panasonic AGQ20012[0].....	13
Illustration 10: Schéma d'alimentation sous Orcad.....	14
Illustration 11: Télécommande speedomax et ses 4 boutons[0].....	14
Illustration 12: Schéma de l'émetteur sous Orcad[0].....	15
Illustration 13: Deuxième prototype réalisé par nos soins[0].....	16
Illustration 14: Deuxième prototype fonctionnel[0].....	16
Illustration 15: Schéma électrique du récepteur FM pour intégration dans le karting[0].....	17
Illustration 16: Typon du récepteur FM[0].....	18
Illustration 17: Typon de l'émetteur FM[0].....	18
Illustration 18: Carte réceptrice finale[0].....	19
Illustration 19: Carte réceptrice dans son boîtier[0].....	20

Index des tables

Tableau 1: Planning prévisionnel et réel du projet[0].....	7
Tableau 2: Nomenclature Émetteur[0].....	9
Tableau 3: Nomenclature récepteur[0].....	10

Bibliographie

- [1] **BERTRAND Maxime & BOUHOUDIN Kevin**, "*Rapport de projet tutoré sur la commande du karting électrique*", 2009.
- [0] **HOGUET Thomas & RICHARD Florent**, "*Photographie personnel*", Novembre 2010.
- [0] **Lapa**, "*Modulation d'amplitude et de fréquence*", [En ligne].
<<http://www.agoravox.fr/actualites/medias/article/les-reportages-des-jt-a-quoi-53155>> (Page consultée le Octobre 2010).

Annexes

Annexe 1 : Datasheet du codeur HT-12E

Annexe 2 : Datasheet du décodeur HT-12D

Annexe 3 : Datasheet du relais AGQ20012