

Université François Rabelais de TOURS

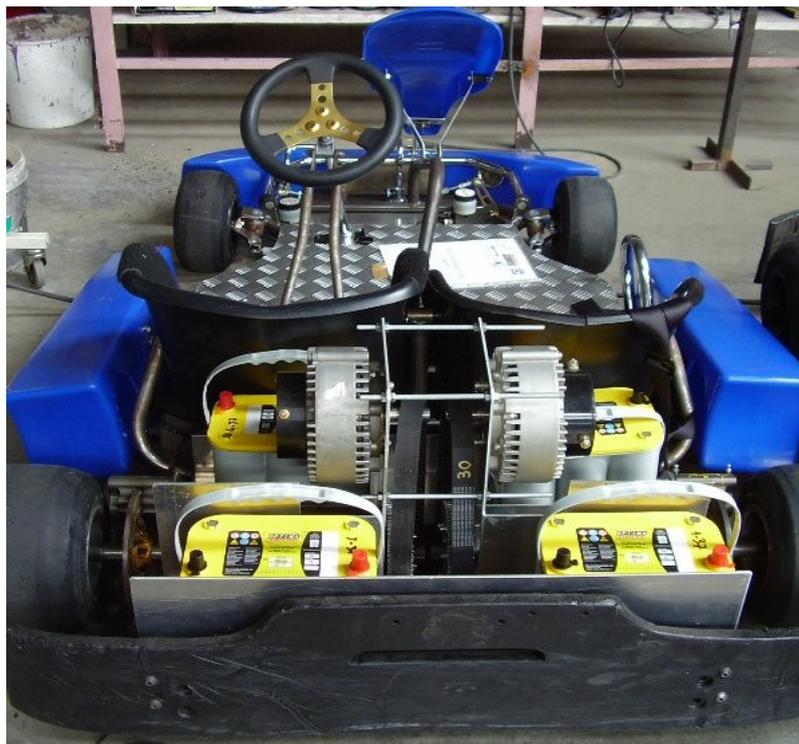
Institut Universitaire de Technologie

Département Génie Électrique et Informatique industrielle



Projet d'étude et réalisation

# commande d'un double hacheur pour le kart biplace



Benjamin ROBUCHON

2ème Année-Q1

Promotion 2006/2008

Enseignant :

M. T.LEQUEU

Université François Rabelais de TOURS

Institut Universitaire de Technologie

Département Génie Électrique et Informatique industrielle

Projet d'étude et réalisation

# commande d'un double hacheur pour le kart biplace

Benjamin ROBUCHON

2ème Année-Q1

Promotion 2006/2008

Enseignant :

M. T.LEQUEU

# Sommaire

Introduction.....	4
1.Présentation du projet .....	5
1.1.Schéma global du kart.....	5
1.2.Cahier des charges .....	5
1.3.Recherches bibliographiques.....	7
2.Analyse technique du projet.....	7
2.1.Les moteurs.....	7
2.2.Le hacheur.....	8
2.3.Le capteur de courant.....	9
2.4.La pédale d'accélération.....	9
3.Étude des solutions et tests.....	10
3.1.Le générateur MLI.....	10
3.2.Montage de limitation du rapport cyclique.....	14
3.3.Correcteur PI.....	14
4.Réalisation de la carte.....	16
Conclusion.....	17
Annexes.....	19

## **Introduction**

Dans le cadre du projet d'étude et réalisation du troisième semestre, je dois réaliser la régulation du courant des moteurs du kart bi-place (voir illustration de la couverture). Ce projet est l'occasion de se familiariser avec les méthodes de conceptions utilisées dans l'industrie ainsi que la conduite de projet de façon autonome.

Dans un premier temps je présenterais le projet à réaliser en le plaçant dans son contexte, c'est-à-dire le kart bi-place. Ensuite je décrirais le fonctionnement de la solution technique retenue en m'attardant sur la description d'un test expérimental. Pour finir, je conclurai sur ce que m'a apporté ce projet sur un plan technique et personnel.

# 1. Présentation du projet

## 1.1. Schéma global du kart

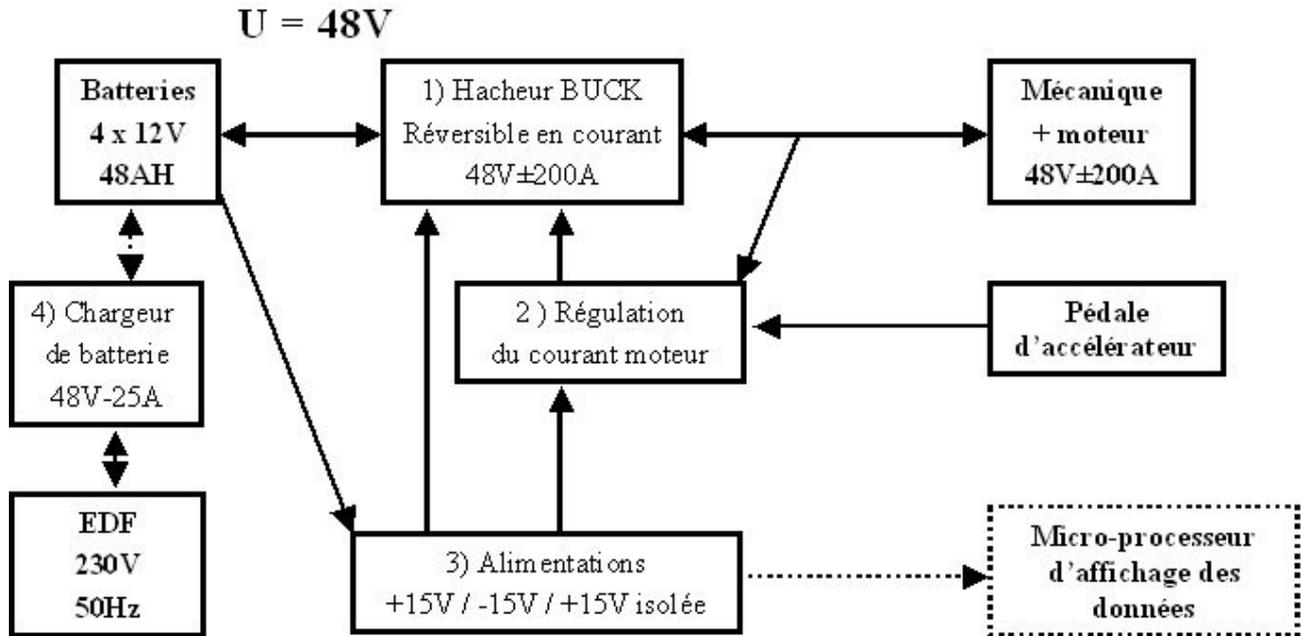


fig 1. schéma du kart

Le projet que je dois réaliser s'inscrit dans le fonctionnement du kart. Lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'accélérateur, la vitesse du moteur doit varier en conséquence et ce dernier devra développer un couple suffisant pour entraîner le kart. Le courant consommé celui-ci fera l'objet d'une régulation, en effet, le couple résistant imposé par la masse du kart est vu comme une perturbation sur le couple moteur. Dans notre cas le courant consommé par le moteur est fonction de son couple comme nous le verrons par la suite.

## 1.2. Cahier des charges

Nous devons effectuer la régulation du courant de deux moteurs pour le kart bi-place bi-moteur. Les deux moteurs sont des machines à courant continu (mcc) alimentées sous 48V/150A. Nous devons réaliser une carte de commande des mcc comprenant un système de correction qui devra mesurer la différence entre la tension obtenue de la pédale d'accélérateur et la tension image ( $V_i$  mes) du courant consommé par le moteur. La carte comprendra un générateur de signaux MLI

permettant de fournir un rapport cyclique variable au driver de MOSFET. Ce dernier pilotera le hacheur qui devra être réversible en courant compte tenu du fonctionnement de la mcc en génératrice lorsque le kart est, par exemple, en freinage.

Contraintes :

- ✓ La carte devra loger dans un espace réduit (150 \* 200).
- ✓ Elle devra résister aux vibrations engendrées par le kart.
- ✓ Les fonctions décrites ci-dessous seront réalisées en double.
- ✓ L'alimentation de la carte se fera directement par la tension provenant des batteries, soit 48 V. Une conversion 48V/±15V sera donc nécessaire pour alimenter les composants présent sur la carte (Aop, MLI).
- ✓ Le hacheur fonctionne à une fréquence de 20kHz (optimise la taille des composants de filtrage et rend le montage moins audible).

De toutes ces contraintes nous pouvons déduire un premier schéma fonctionnel de la carte (fig.2).

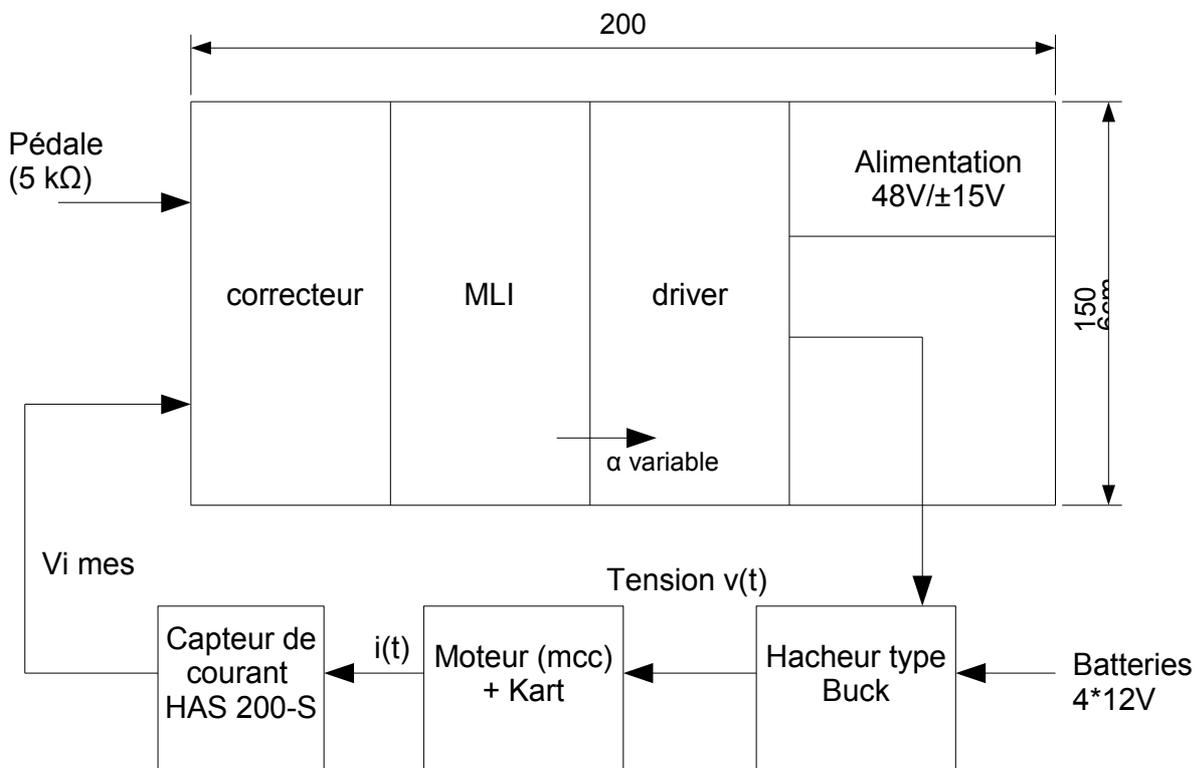


fig 2. schéma fonctionnel de la carte

### 1.3. Recherches bibliographiques

Mon cahier des charges étant maintenant bien défini je peux débiter les recherches de solutions techniques répondants aux fonctions que je dois réaliser, à savoir un générateur MLI et un correcteur PI. Le driver de MOSFET sera réalisé par M.Lequeu.

Je me suis orienté dans la recherche d'anciens rapports réalisés par les étudiants de l'année dernière. Deux rapport traitaient de la régulation de courant dans un moteur de kart. Le premier s'appuyait principalement sur un traitement numérique à l'aide d'un micro contrôleur et le second est un rapport de pré projet pouvant me fournir des idées directrices pour réaliser ma carte.(cf bilbiographie). Grâce à la base de données de M Lequeu j'ai pu trouver un schéma électronique de correcteur PI et de commande MLI d'un hacheur.

## 2. Analyse technique du projet

J'ai choisi de réaliser ma carte en privilégiant une solution tout analogique n'étant pas très à l'aise dans la programmation de micro contrôleurs. Cette partie a pour but de décrire les différents composants environnant que je vais utiliser pour faire fonctionner ma carte.

### 2.1. Les moteurs

Les deux moteurs présents sur le kart biplace sont des machines à courant continu Etek™ de chez Briggs et Stratton's (réf 695001).



*fig 3. moteur ETEK*

## Caractéristiques principales des moteurs

Fonctionnement à tension constante :  $N=72\text{tr/min}$  par volt

Alimentation 48V

Puissance maximum continue 8,1 CV (6kW)

Courant maximum à vide 6A

Vitesse maximum à vide 3600tr/min

### fonctionnement des mcc

Les mcc utilisées sont à excitation série. On rappelle les deux relations fondamentales de ces moteurs.

$$\Gamma = k \Phi I \quad E = k \Phi \Omega$$

### 2.2. Le hacheur

Le hacheur utilisé est de type BUCK c'est-à-dire que la tension en sortie de ce montage ne pourra pas être plus élevée que sa tension d'entrée. La tension alimentant le moteur sera variable entre 0 et 48V en théorie. Cette tension dépend du rapport cyclique de la commande des transistors MOSFET elle est donnée par la relation  $V_s = V_e \cdot \alpha$ . La commande de ces transistors est assurée par le driver de MOSFET.(cf fig4). La tension U sur le schéma est celle des batteries soit 48V. De plus le hacheur utilisé est réversible en courant pour permettre le fonctionnement du moteur en freinage.

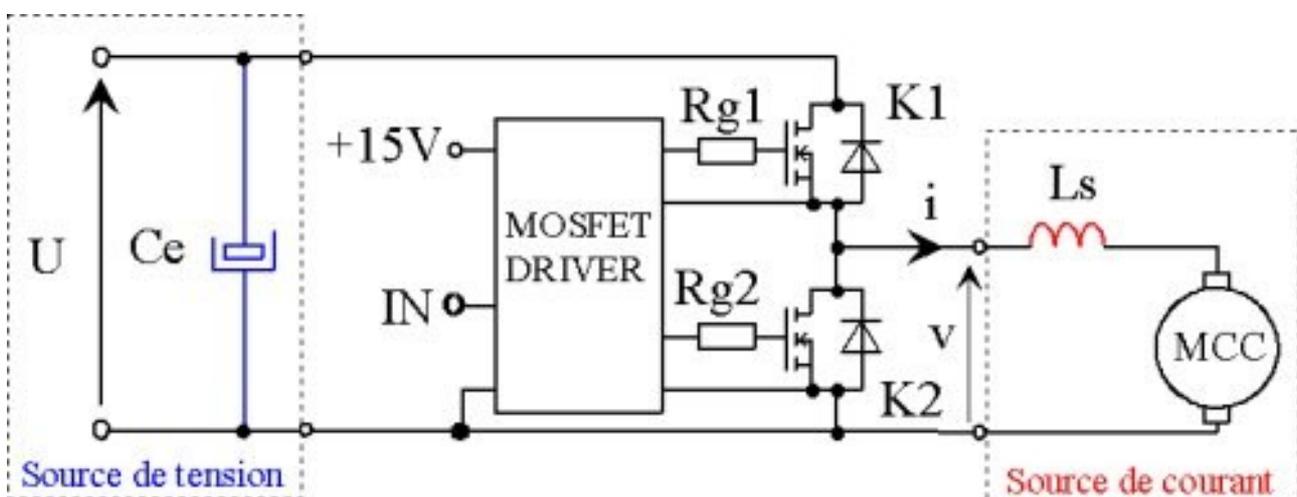


fig 4. hacheur réversible en courant

## Principe de fonctionnement du hacheur

Le fonctionnement du hacheur se décompose en deux phases. Durant la première phase l'interrupteur K1 est fermé, pendant cette durée le moteur voit à ses bornes la tension  $U$  soit 48V. Le courant dans le moteur augmente progressivement à travers la bobine. La deuxième phase correspond à l'interrupteur K1 ouvert et la commande de K2 par le driver, l'inductance n'est plus alimentée, c'est la phase de roue libre. A partir de ce fonctionnement on peut déduire que plus le rapport cyclique est important plus l'interrupteur K1 conduira longtemps donc plus le moteur tournera vite.

### 2.3. Le capteur de courant

Pour réaliser la régulation il nous faut capter la grandeur que l'on veut réguler (ici le courant). Nous utiliserons un capteur de courant de chez LEM réf HAS200-S (fig4). Ce capteur doit être alimenté en tension +15V/-15V et délivre une tension comprise entre -4V/+4V.(cf annexe).

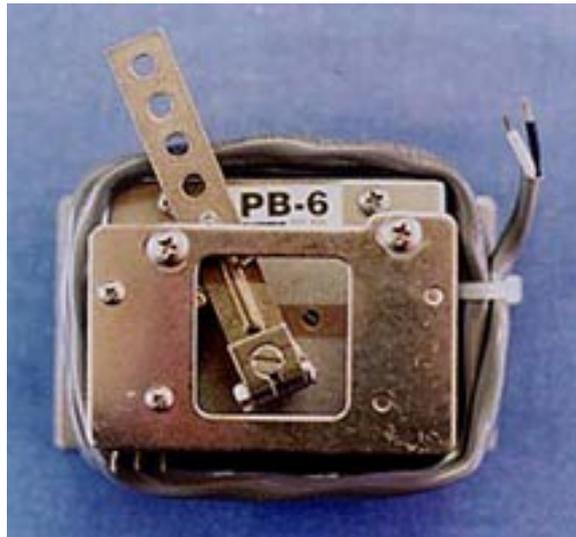


*fig 5. capteur de courant HAS200-S*

### 2.4. La pédale d'accélération

La pédale d'accélération est une résistance de 5k $\Omega$ . Nous pouvons voir sur cette photo que celle-ci est seulement constituée de deux fils. Nous devons en

tenir compte dans le montage dans laquelle elle sera insérée.



*fig 6. pédale d'accélération*

### **3. Étude des solutions et tests**

Dans cette partie nous allons étudier le montage en amont du driver (ce dernier étant déjà réalisé). Nous nous attarderons sur l'étude expérimentale du générateur MLI (Modulation de Largeur d'Impulsions) ainsi que sur l'étude théorique du correcteur PI.

#### **3.1. Le générateur MLI**

##### **a. fonctionnement**

Le principe de la génération de signal MLI est assez simple. En effet, une rampe de tension est générée par la charge et la décharge d'un condensateur à courant constant. Cette rampe est ensuite comparée à une tension constante grâce à un comparateur réalisé avec un aop. Il en résulte à la sortie de ce dernier une tension en créneau dont le rapport cyclique variable est obtenu par variation de la tension constante donc du seuil de basculement de l'aop.

Dans mon projet il était possible de créer un générateur de courant et d'effectuer la comparaison de façon classique. Par soucis de simplicité, j'ai utilisé un composant intégré possédant toutes les fonctions nécessaires à la génération de ce signal, il s'agit du SG3524N de chez Texas Instruments. De plus ce composant

occupera un espace plus réduit sur ma carte.

### b. Tests de la fonction

Dans le datasheet de ce composant (cf annexe) est donné le schéma du montage. Il faut déterminer la valeur des composants  $R_t$  et  $C_t$  (condensateur qui génère la rampe).

La formule est donnée par le constructeur.

$$f = \frac{1,30}{R_T \cdot C_T}$$

On veut une fréquence de 20kHz. On s'impose une valeur de

condensateur de 10nF. Le calcul conduit finalement à adopter une valeur normalisée de  $R_T$  égale à 6,5k $\Omega$ .

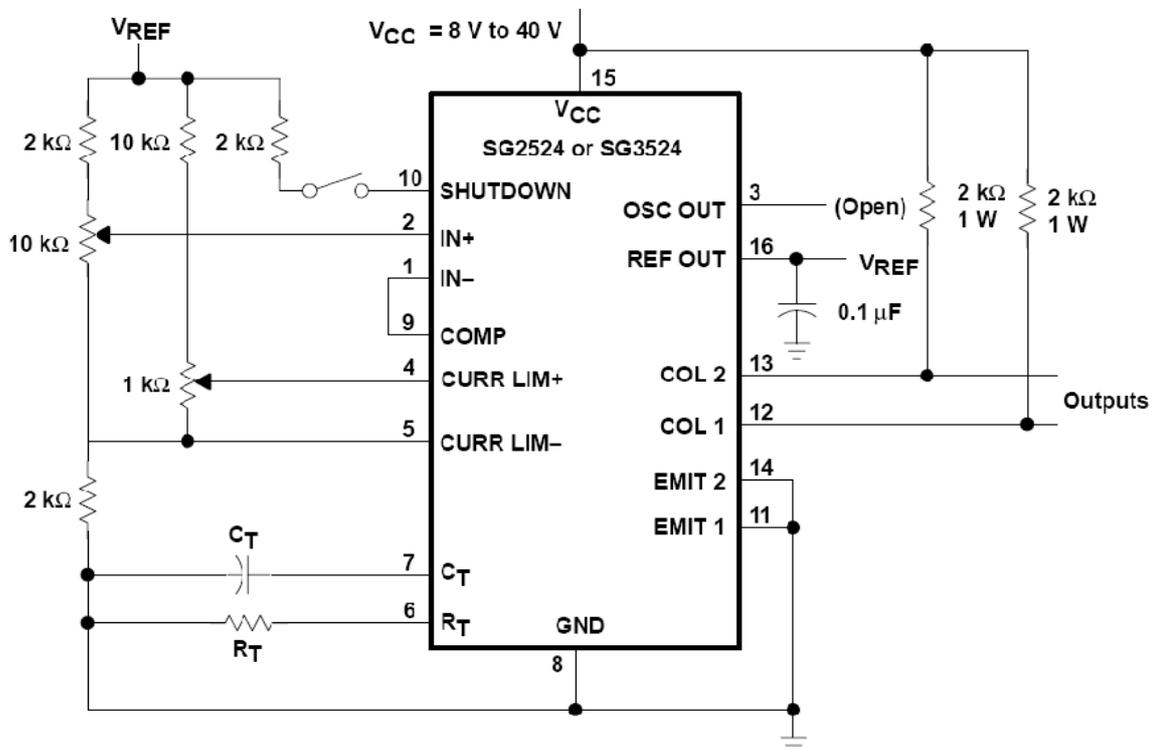


fig 7. schéma expérimental du générateur MLI

### Mode opératoire

On applique en entrée du montage  $IN+$  une tension constante pouvant varier de 0 à 5V (TTL). Le composant est alimenté en +15V. On observe à l'oscilloscope les signaux qui nous intéressent à savoir la rampe (patte n°7), la tension d'entrée (patte n°2) et les deux sorties du montage COL 1 et COL2. Voici les principaux

oscillogrammes relevés avec différents réglages.

### Observations

Lorsque l'on observe l'une des deux sorties on remarque qu'il y a deux rampes pour une période du signal de rapport cyclique variable (fig.8). Quand les deux sorties sont reliées (COL1 et COL2) la rampe n'évolue désormais que sur une période (fig9). Après plusieurs tests il est apparu nécessaire de faire quelques modifications du schéma donné par le constructeur.

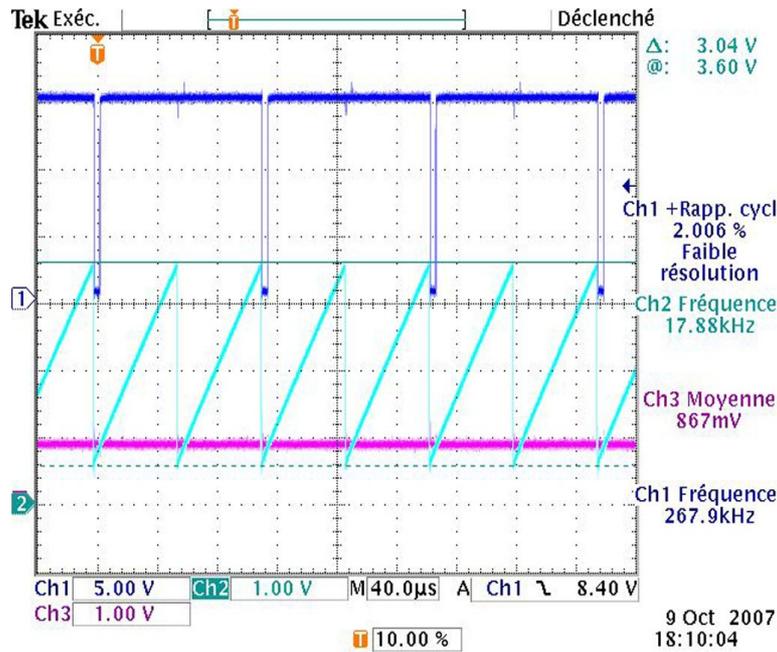


fig 8.Sortie COL1

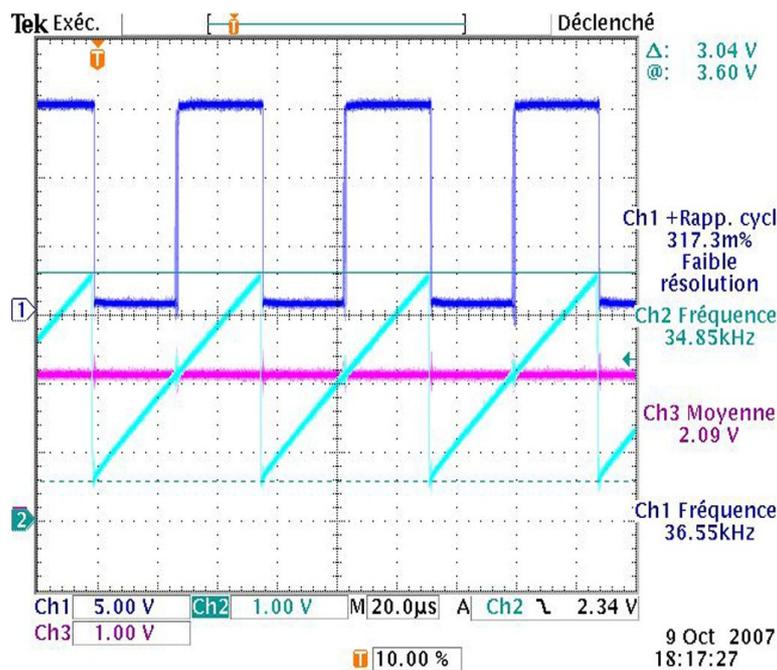


fig 9.sorties couplées

## Conclusions

Le shutdown doit rester ouvert pour un bon fonctionnement.

Le potentiomètre de limitation de courant est réglé en butée, ce qui signifie que les pattes 4 et 5 sont reliées.

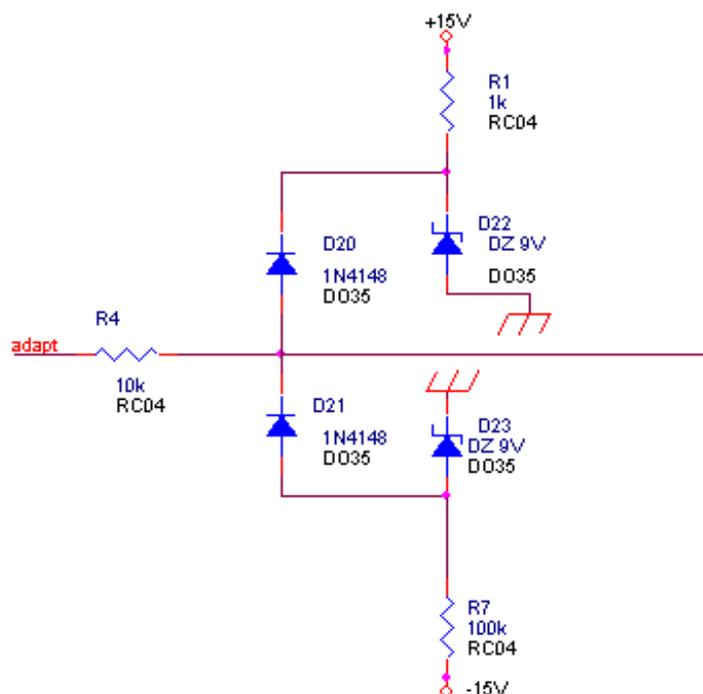
Les deux sorties seront reliées.

La partie Vref est inutile puisque c'est une tension extérieure au montage qui commande le rapport cyclique.

D'autres tests (cf annexe) ont permis de déterminer la plage de variation de la tension d'entrée pour une variation du rapport cyclique entre zéro et un. Nous en avons conclu que la tension d'entrée ne devait pas dépasser 3,5V. De même le composant ne doit pas être soumis à une tension négative en entrée. Ceci impose un montage écrêteur en entrée du MLI.

### **3.2. Montage de limitation du rapport cyclique**

Comme nous l'avons vu précédemment il faut insérer un montage en entrée du générateur MLI. Le montage est celui de la figure ci-dessous.



*fig 10. limiteur de rapport cyclique*

### 3.3. Correcteur PI

La régulation du courant dans le moteur s'effectue par l'ajout d'un correcteur Pi (Proportionnel Intégrale) en amont de la fonction HBO qui représente notre système en boucle ouverte (fig 12).

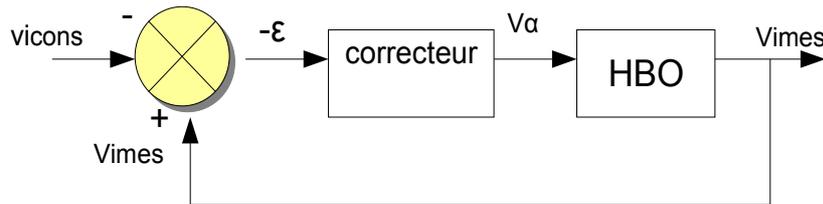


fig 11. système bouclé

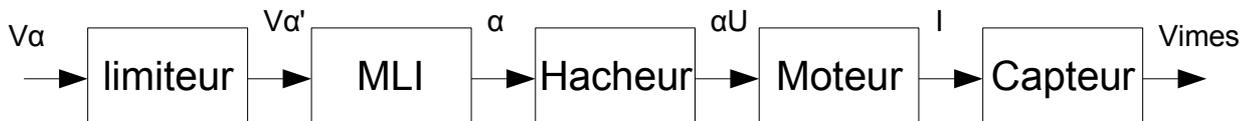


fig 12. système en boucle ouverte

#### Description de la fonction HBO

Cette fonction est composée de cinq blocs possédant chacun sa propre fonction de transfert (que nous n'étudierons pas dans ce dossier). Le limiteur reçoit à son entrée la tension  $V\alpha$  (écart entre la mesure et la consigne) provenant du correcteur PI. Cette tension est ensuite adaptée aux contraintes imposées par le MLI (voir paragraphe précédent), on a donc en sortie une tension  $V\alpha'$  variant de 0 à environ 3,5-4V. Selon cette tension, le générateur MLI délivre un rapport cyclique variable (tension créneau). La tension de sortie de rapport cyclique  $\alpha$  a une amplitude égale à la valeur de la tension d'alimentation du composant. Cette tension, par l'intermédiaire du driver (non représenté sur le schéma) va commander les transistors du hacheur de façon à faire varier la tension aux bornes du moteur. L'information qui sert de retour en boucle fermée est une tension image du courant

consommé par le moteur fournit par le capteur HAS200-S.

#### Description du système en boucle fermée

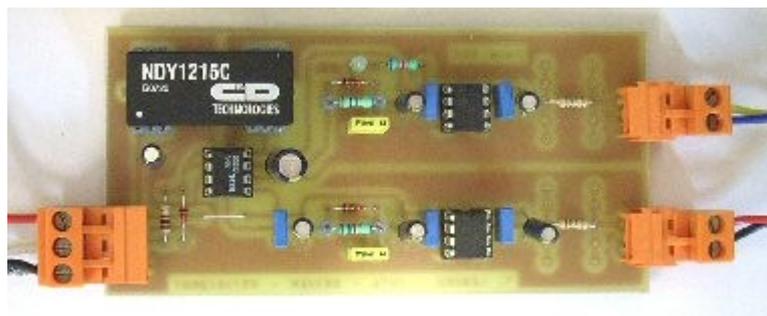
On remarque que la sortie du comparateur est négative (fig 11), il faut donc que notre correcteur ait un gain négatif pour obtenir en sortie de ce dernier un signal positif.

## 4. Réalisation de la carte

Nous avons vu que le cahier des charges imposait des contraintes sur les dimensions de notre carte (150\*200). Pour nous affranchir des règles de CEM (Compatibilité Électromagnétique) on va séparer les différentes fonctions sur la carte, c'est-à-dire que l'on assemblera chaque typon correspondant aux fonctions sur un même support. Les liaisons entre ces fonctions se feront par des fils reliant des borniers (entrées/sorties des fonctions).

Le problème de l'alimentation autonome de la carte en  $\pm 15V$  sera résolu par un composant d'alimentation intégré qui délivre ces deux tensions à partir du 48V des batteries.

Le driver réalisé par M.Lequeu (fig,,) sera incorporé dans cette carte.



*fig 13. driver de MOSFET*

La carte de test n'a malheureusement pas pu être réalisée faute de temps.

## **Conclusion**

Ce projet a été l'occasion de travailler en autonomie sur un projet concret qu'est le kart électrique. Il a constitué pour moi une approche de la conception électronique notamment grâce à l'utilisation du logiciel Orcad auquel nous avons été formé. J'ai pu aborder des thèmes que je n'avais pas encore étudiés en cours comme la correction PI. Malgré le fait que je n'ai pas eu le temps de réaliser un prototype fonctionnel ce projet a été enrichissant à la fois en termes de connaissances techniques et d'un point de vue personnel de part la recherche de solutions techniques et d'investissement.

## Table des figures

fig 1. schéma du kart.....	5
fig 2. schéma fonctionnel de la carte.....	6
fig 3. moteur ETEK.....	7
fig 4. hacheur réversible en courant .....	8
fig 5. capteur de courant HAS200-S.....	9
fig 6. pédale d'accélération .....	10
fig 7. schéma expérimental du générateur MLI.....	11
fig 8.Sortie COL1 .....	12
fig 9.sorties couplées.....	12
fig 10. limiteur de rapport cyclique.....	13
fig 11. système bouclé.....	14
fig 12. système en boucle ouverte.....	14
fig 13. driver de MOSFET.....	15

## Bibliographie

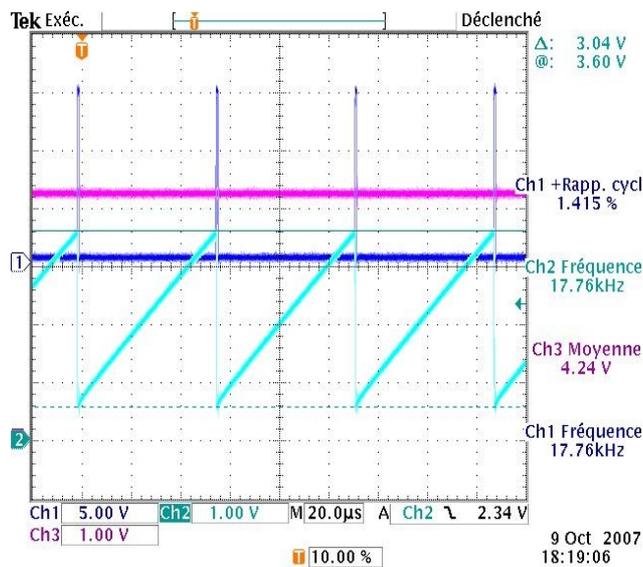
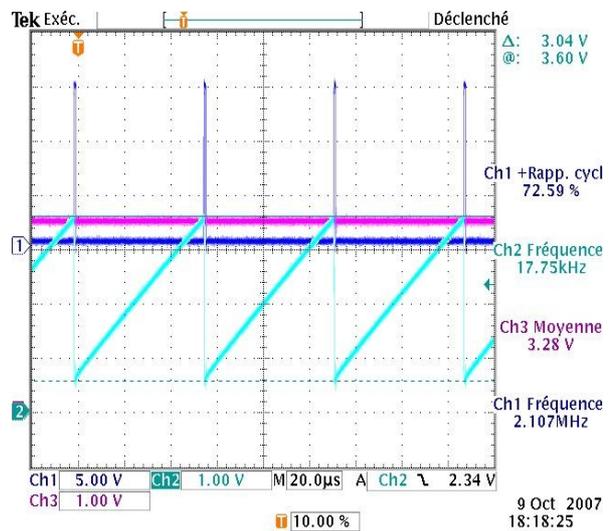
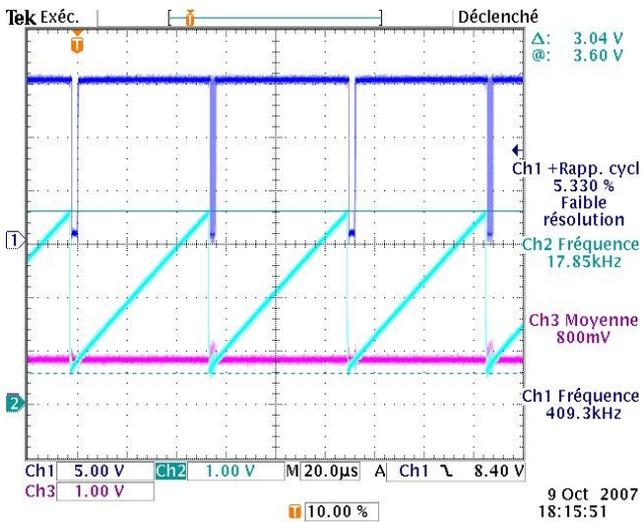
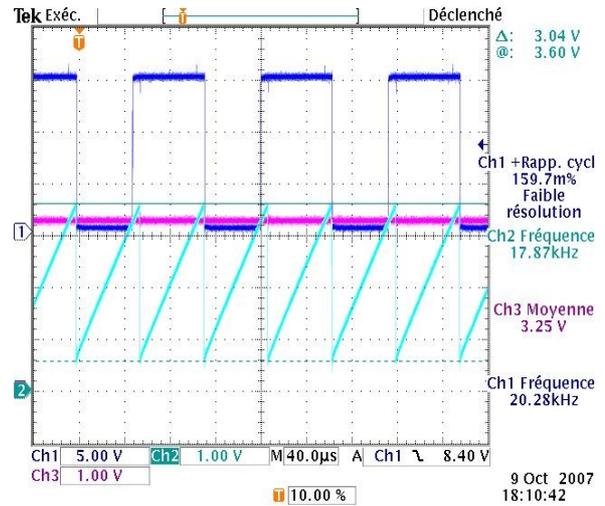
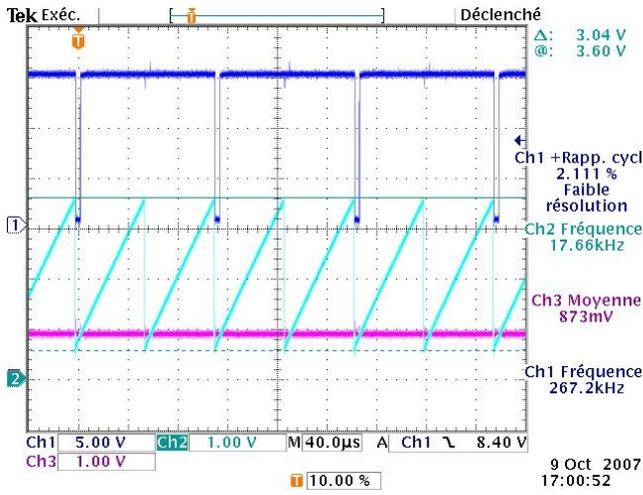
Base de données de M.Lequeu

<http://www.thierry-lequeu.fr/>

# **Annexes**

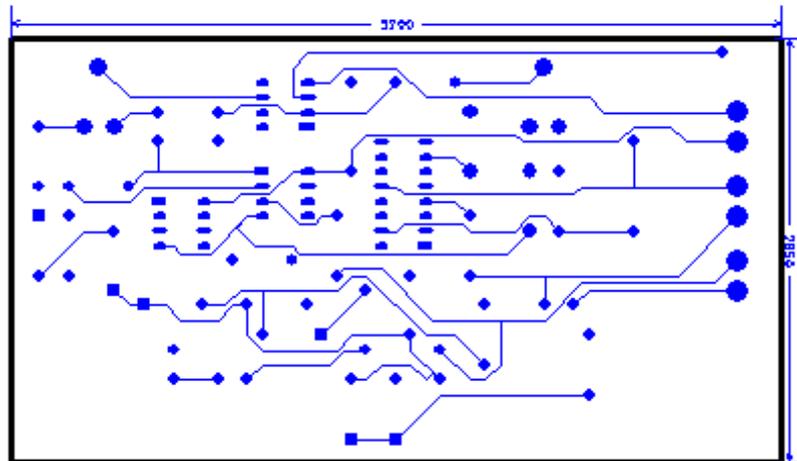
# Tests du MLI

tests de mesure de la plage de la tension d'entrée du MLI

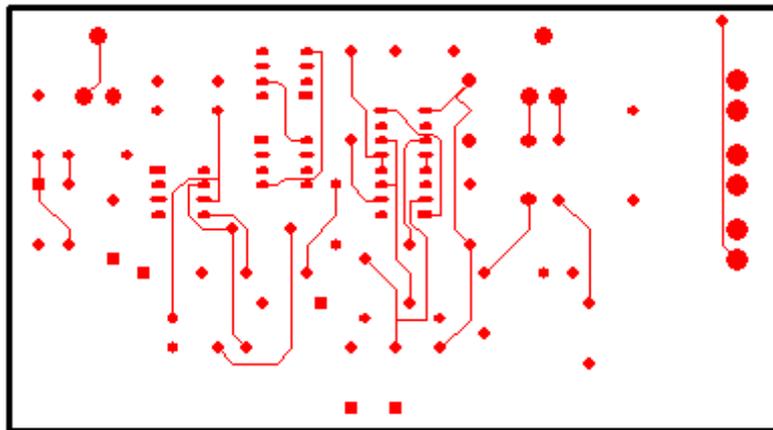


# Carte de test

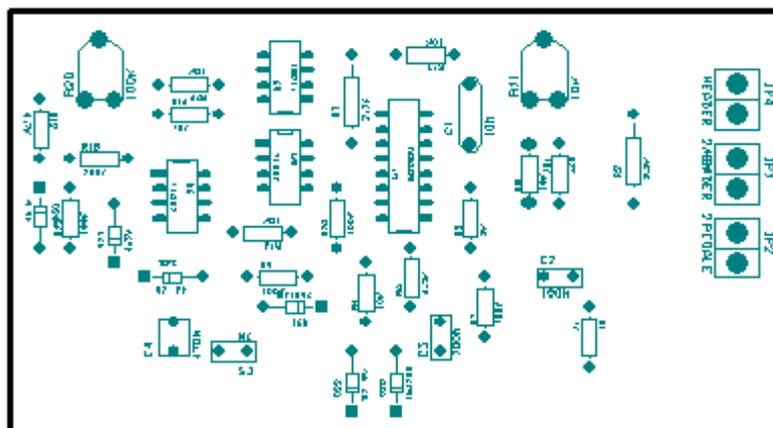
Face TOP



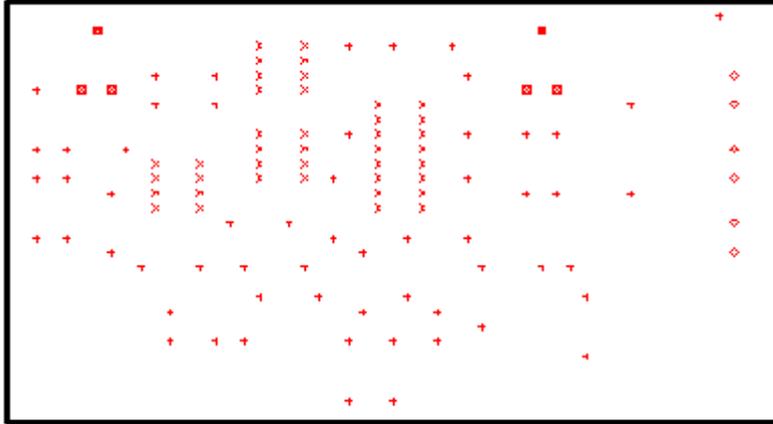
Face BOT



Face Composants



# Perçages



FACE ORD

DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
x	0.610 mm		40	
+	0.787 mm		59	
◇	1.000 mm		6	
■	1.194 mm		6	
TOTAL			111	

## Planning du projet

	37	38	39	40	41	42	43	45	47	48	49	50	51
Choix et découverte du sujet													
Élaboration du cahier des charges													
Approfondissement du sujet, structure de la carte													
Étude du montage adaptateur de tension de la pédale / Tests													
Étude du générateur MLI/Tests													
Étude du correcteur, liaison correcteur/MLI													
Étude du driver													
Conception du typon de l'ensemble correcteur/MLI													
Assemblage des fonctions de la carte sur le typon													
Gravure, Tests de la carte et de la capture de courant													
Présentation orale													

Formation Orcad Layout