

# Projet Home-Trainer



OGER Quentin  
ZUNINO Valentin  
LP VEGA  
Session 2015/2016

## Table des matières

Remerciements.....	3
Introduction.....	4
I.Présentation du projet.....	5
II.Mise en place.....	6
1 <sup>ère</sup> Partie.....	7
III.Le moteur à courant continu.....	7
2 <sup>ème</sup> Partie.....	8
IV.Le capteur de courant.....	8
V.Le capteur de tension.....	10
VI.Réalisation de la carte électronique.....	11
3 <sup>ème</sup> Partie.....	12
VII.Le châssis du Home-trainer.....	12
4 <sup>ème</sup> Partie.....	13
VIII.Convertisseur DC/DC.....	13
IX.La maquette démonstrative et la résistance de charge.....	14
Conclusion.....	15
Bibliographie.....	16
Annexe.....	17
I.Schéma structurel de la carte électronique.....	17
II.Typon de la carte électronique.....	18
III.Nomenclature des pièces à commander.....	19

---

## Remerciements

---

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre projet et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements à notre enseignant, Mr. LOMBARD de l'Université de Belfort/Montbéliard qui nous a beaucoup aidés dans la réalisation du projet. Son écoute et ses conseils nous ont permis de cibler les composants dont nous aurions besoin et de les mettre en œuvre.

Nos remerciements vont également à Mr. HILAIRET pour son aide au lancement du projet et sur la répartition des tâches.

Nous remercions également Mr. HUBERT pour la réalisation du châssis du Home-Trainier et la réalisation de nos cartes électroniques.

Nous pensons aussi à Mr. CHRETIEN pour son aide apportée sur le capteur de tension.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont conseillé et relu lors de la rédaction de ce rapport de projet : nos familles, nos camarades de promotion Mr. GIBOUDEAUX et Mr. ALLIOUI.

---

## Introduction

---

Dans le cadre de ce projet nous développons un prototype de Home-Trainer permettant d'afficher la puissance instantanée développée par son utilisateur.

Un Home-Trainer, dans sa définition, permet d'utiliser un vélo sur un support et de simuler son utilisation sur une route lorsque le temps est défavorable. Pour ne pas rester bloqué à une vitesse monotone, plusieurs technologies sont utilisées et permettent de freiner plus ou moins la roue afin de simuler les pentes.

Les différentes technologies utilisées :

**Les Home Trainer à transmission directe<sup>(1)</sup>** : Ils permettent de relier directement la chaîne du vélo à la machine équipée d'une cassette et non à la roue arrière complète. Ils peuvent simuler des pentes jusqu'à 18% et ce de manière assez discrète.

**Les Home Trainer à rouleaux<sup>(2)</sup>** : Ils permettent de travailler l'équilibre, la technique de pédalage et la vélocité. Sur un rouleau, le vélo n'est pas fixé. Il ne permet donc pas de simuler des pentes ni de travailler la force et la puissance.

**Les Home Trainer à résistance<sup>(3)</sup>** : Ils permettent de fixer directement le vélo sur la machine via la roue arrière. Ces modèles offrent la possibilité de rouler en danseuse.

**Les Homes Trainer connectés<sup>(4)</sup>** : Les marques de Home Trainer proposent des produits qui permettent de visualiser un parcours sur un écran (tablette, DVD, ordinateur, smartphone), de suivre un entraînement précis selon les besoins (pente, force, endurance...), d'avoir différentes données relatives à votre entraînement et même de rouler à distance avec un ami (via Internet).



# I. Présentation du projet

---

Le projet se déroule en quatre parties :

- Le choix d'un moteur DC qui sera entraîné par la roue arrière du vélo en génératrice. Celui-ci sera calibré selon le couple et la vitesse de rotation appliqués à son arbre.
- La création d'une carte électronique permettant de relever le courant et la tension générés par le moteur pour afficher la puissance développée par l'utilisateur. Une étude préalable sera faite pour le choix de ces capteurs.
- La réalisation d'un châssis pour élever la roue arrière et l'associer à l'arbre du moteur.
- L'association d'un hacheur et d'une résistance de charge pour simuler les pentes et créer un couple résistant au pédalage. Une étude préalable sera faite pour le choix du convertisseur.

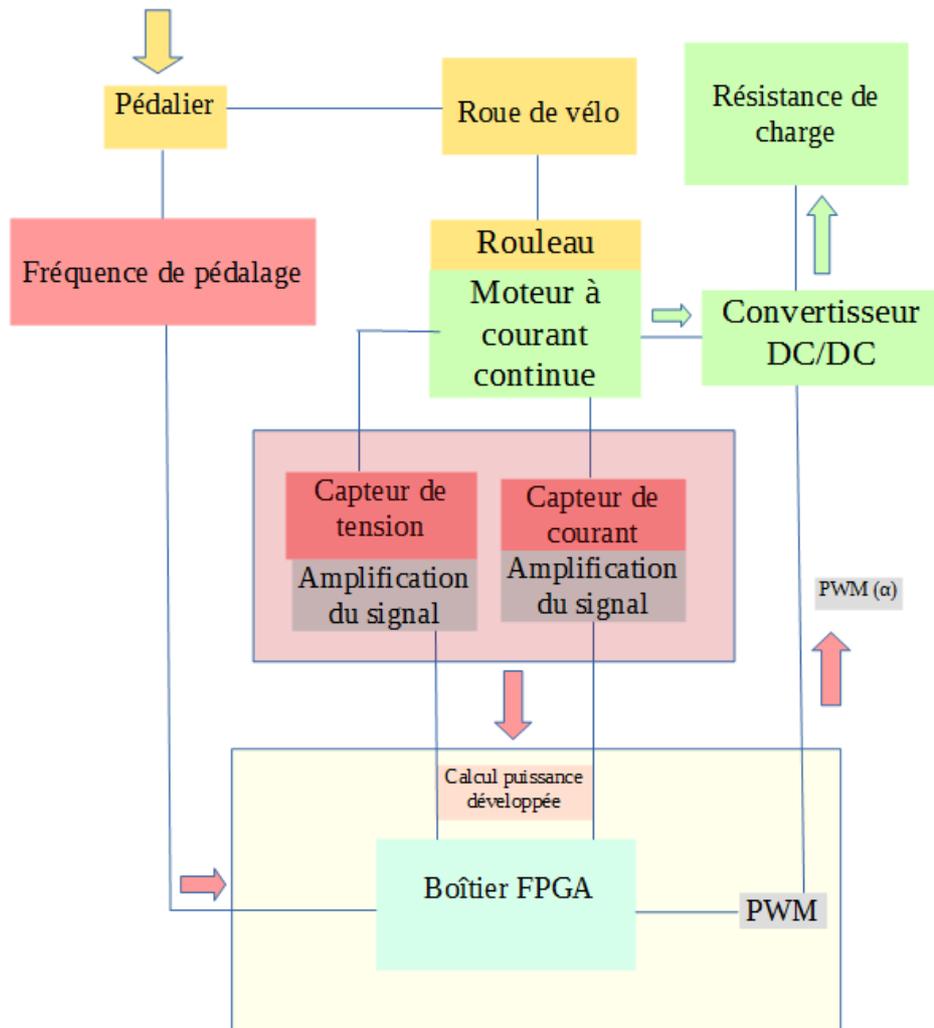
La puissance développée par l'utilisateur sera affichée sur un écran déporté et relié à une carte Altera (De1 SoC Board). Un écran tactile intégré à la carte réglera le niveaux de charge selon l'utilisation prévue par le cycliste.

Cet écran permettra de générer une PWM qui commandera les transistors du hacheur et créer le couple résistant à la pédale à l'aide de la résistance de charge.



## II. Mise en place

Le lancement du projet c'est effectué avec l'étude du cahier des charges et les indications de nos enseignants. A l'aide de cette étude nous avons créer le schéma structurel de notre projet et les informations dont nous aurons besoin pour les parties prise de mesures et commande.



L'utilisateur agit sur le pédalier se qui fait une puissance mécanique transmise par la chaîne à la roue. La roue reliée a un moteur à courant continu par le biais d'un rouleau. Le moteur à courant continu en tournant va changer la puissance mécanique en puissance électrique avec le rendement du moteur, la puissance du moteur est transmise à une carte électronique pour mesurer le courant et l'intensité via le capteur de tension et de courant. Pour gérer la résistance de charge nous avons mis un convertisseur DC/DC piloté par une PWM qui sera programmée sur une carte de type FPGA. Une mesure de la fréquence de pédalage est effectué.

## III. Le moteur à courant continu

La première partie du projet traité à été le moteur DC que nous entraînerons en génératrice. Une fois calibrer il nous permettra de choisir les capteurs selon la tension et le courant généré. Un vélo nous à été fourni par l'IUT BM, à partir de celui-ci nous avons étudié la force qu'exerce un cycliste sur une pédale pendant le lancement et l'accélération.

Avec une force (F) à la pédale de 400 Newton et une longueur (M) de pédale de 20 centimètre, on obtient un couple à la pédale (Cpédalier) de :

$$\rightarrow C_{\text{pédalier}} = F \cdot M = 400 \cdot 0,20 = \mathbf{80 \text{ Nm}}$$

A partir de ce couple et du rapport de réduction du vélo :

$$\rightarrow \text{Rapport de réduction} = \frac{\text{nombre de dents roue mené}}{\text{nombre de dents roue menante}} = \frac{11}{53} = \mathbf{0,208}$$

Nous avons déterminer le couple à la roue arrière :

$$\rightarrow C_{\text{roue}} = C_{\text{pédalier}} \cdot R_{\text{réduction}} = 80 \cdot 0,208 = \mathbf{17 \text{ Nm}}$$

Au lancement de la roue arrière, une résistance est également à prendre en compte à la mise en rotation, c'est le moment d'inertie (J) par multiplication à l'accélération de la roue (a).

$$\rightarrow \text{Couple résistant} = J \cdot a = \mathbf{7 \text{ Nm}}$$

$$\rightarrow J = M(R^2 + r^2)/2 = \mathbf{0,433 \text{ kg} \cdot \text{m}^2} \quad (\text{formule pour une roue non-pleine})$$

$$\rightarrow a = \frac{Dw}{Dt} = \mathbf{18 \text{ rad/s}} \quad (5\text{s pour atteindre une cadence de } 90 \text{ tr/s})$$

$$\rightarrow \text{Couple maximum} : C_{\text{roue}} + \text{Couple résistant} = 17 + 4 = \mathbf{24 \text{ Nm}}$$

Un cycliste atteint une cadence de pédalage d'environ 90 tour par minute, à l'aide des vitesses il peut obtenir un rapport d'un tour de pédale pour quatre tour de roue. La vitesse rotation du moteur sera alors de  $V_{\text{max}} = 400 \text{ tr/min}$ .

Notre cycliste ne pourra pas pédaler à 90 tour/min en développant un couple de 17 Nm. Pendant une pente il développera plus de couple pour monter celle-ci mais à une cadence plus réduite (environ 20 tr/min). On obtient alors une puissance (P) de :

$$\rightarrow P = C_{\text{roue}} \cdot W = 21 \cdot 8,5 = \mathbf{180 \text{ Watts}}$$

$$\rightarrow W = \frac{\pi \cdot N}{30} = 3,14 \cdot 80/30 = \mathbf{8,5 \text{ rad/s}} \quad (80 \text{ tr/min à la roue AR avec un rapport } 1/4)$$

## 2<sup>ème</sup> Partie

Dans la seconde partie du projet nous avons abordé la méthode et le choix des composants pour permettre de relever le courant et la tension générée par le moteur.

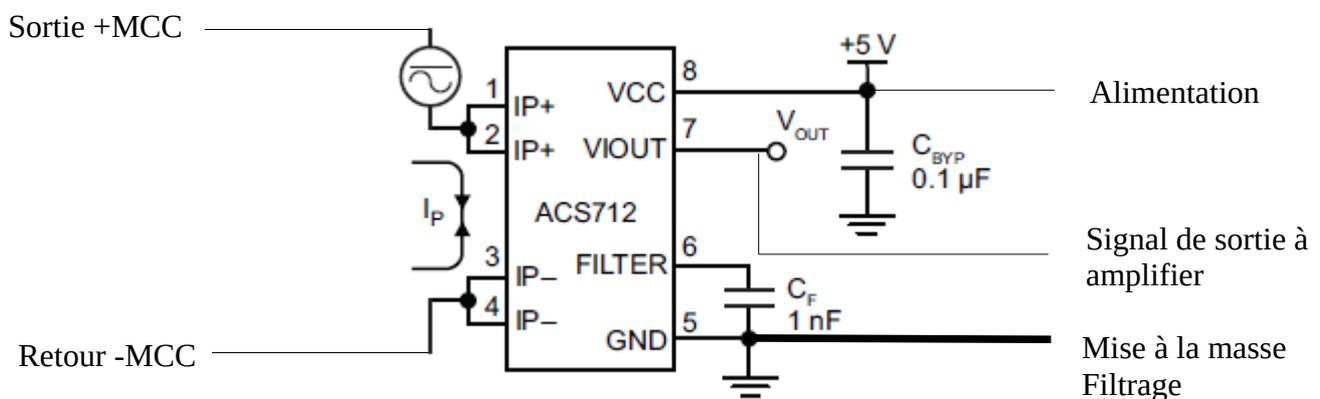
Cette mesure sera traitée à l'aide d'un Convertisseur Analogique Numérique monté sur la carte Altera (non modifiable), les paramètres d'entrées de celui-ci seront donc pris en compte pour l'amplification du signal.

### IV. Le capteur de courant

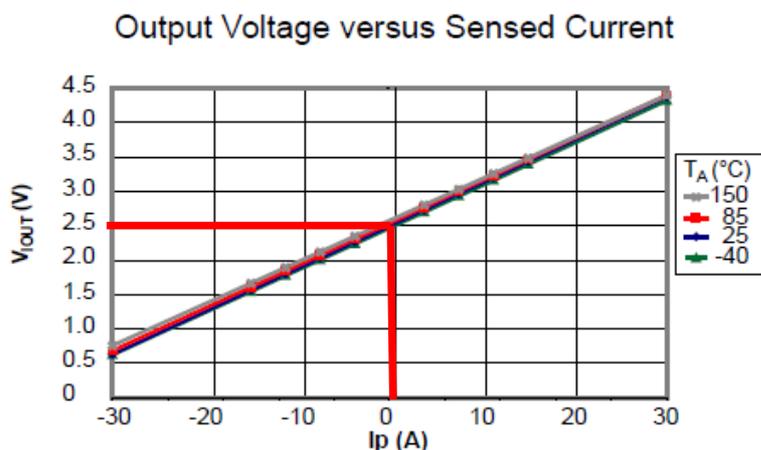
Le moteur est calibré pour un couple de 24 Nm à son arbre d'entrer. Le courant d'un moteur DC est à l'image de son couple, un capteur permettant une mesure jusqu'à 25 Ampères est choisit.

Un capteur Allegro («[ACS712ELCTR-30A-T](#)») permet une mesure de -30 à 30 Ampères. Il possède une isolation galvanique de 2,1 kV et nécessite une alimentation en 5 Volts.

La tension de sortie du capteur est proportionnelle au courant continu appliqué a la bobine d'entrée. La mesure se fait à l'aide de l'effet Hall, la loi d'ampère permet ensuite de trouver un lien entre le courant à mesurer  $I$  et le champ d'induction magnétique.



La sortie du capteur possède un gain de 66 mV par Ampère. La sortie reste à 2,5 Volts lorsqu'un courant nul circule dans le circuit de mesure.



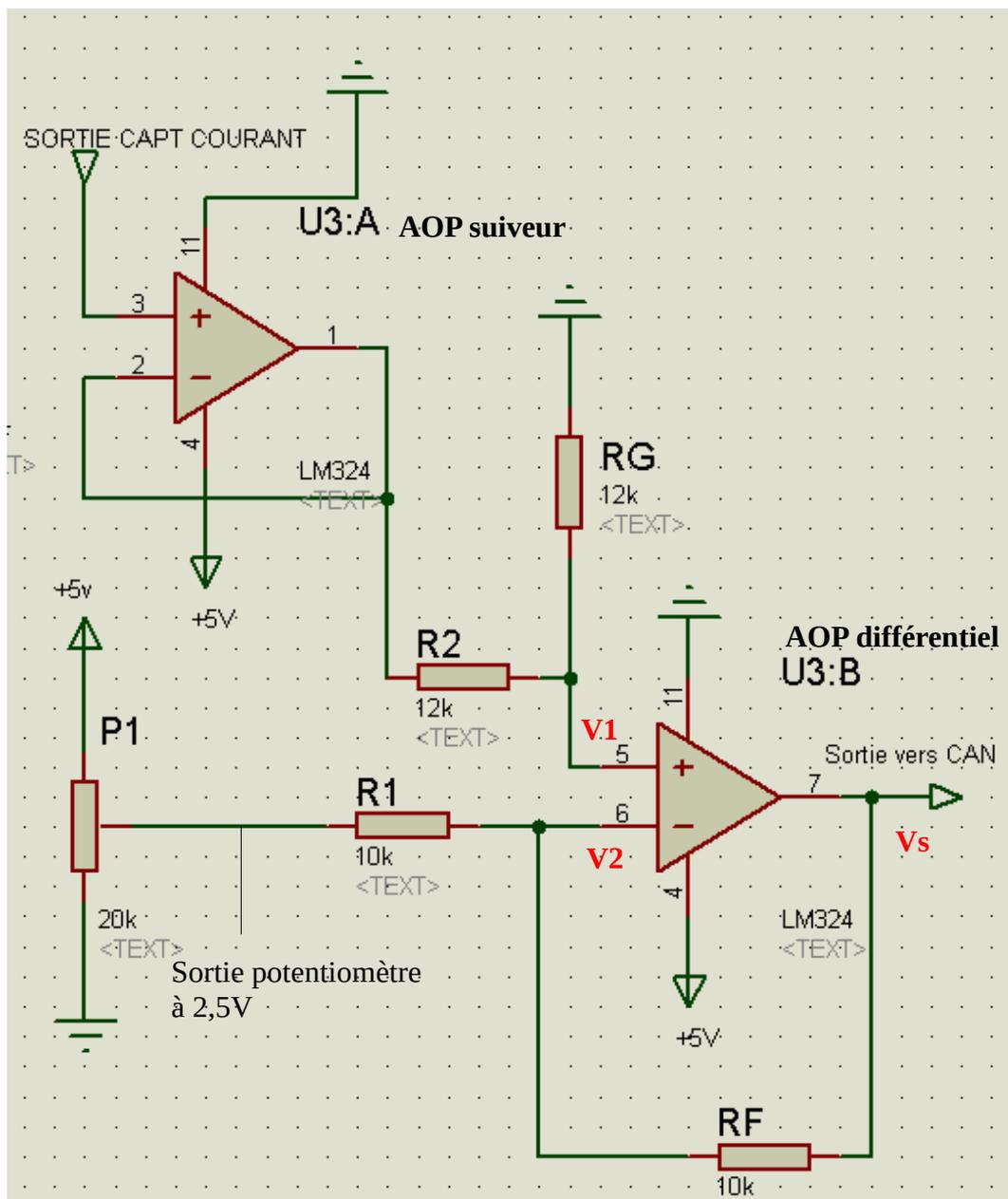
## Traitement du signal :

Pour permettre de traiter la tension de sortie du capteur de courant nous utiliserons un circuit d'amplification assurant une tension de 0 Volt à courant nul et une plage de mesure de 0 à 2,5 Volts. Le composant LM324 rassemble trois AOP possédant les mêmes alimentations et masses.

Le circuit d'amplification est fait à l'aide d'un AOP suiveur pour l'adaptation d'impédance entre deux étages successifs du circuit et un AOP différentiel dont la sortie est proportionnelle à la différence des signaux appliqués aux deux entrées.

Le premier permettra de ne pas brouiller la mesure et le second à abaisser la tension à courant nul. On aura alors :

$$\rightarrow V_s = V_1 - V_2$$



## V. Le capteur de tension

Les moteurs DC du calibre choisis (couple) possède différents niveaux d'alimentation, ils sont généralement alimentés en 24V ou 48V. L'étude du capteurs étant fait avec des données théorique (aucun moteur commandé) ces valeurs de référence ont été privilégié.

Le «[Module LV 25-P](#)» est un capteur conçu pour la mesure électronique des courants : DC, AC, avec une isolation galvanique entre le primaire (circuit de puissance) et la mesure (circuit électronique) de 2,5 kV.

Pour mesurer une tension, il faut prélever un courant proportionnel à la tension à mesurer. Le primaire du capteur LV 25-P sera raccordé à la tension à mesurer avec une résistance « RHT+ », en série.

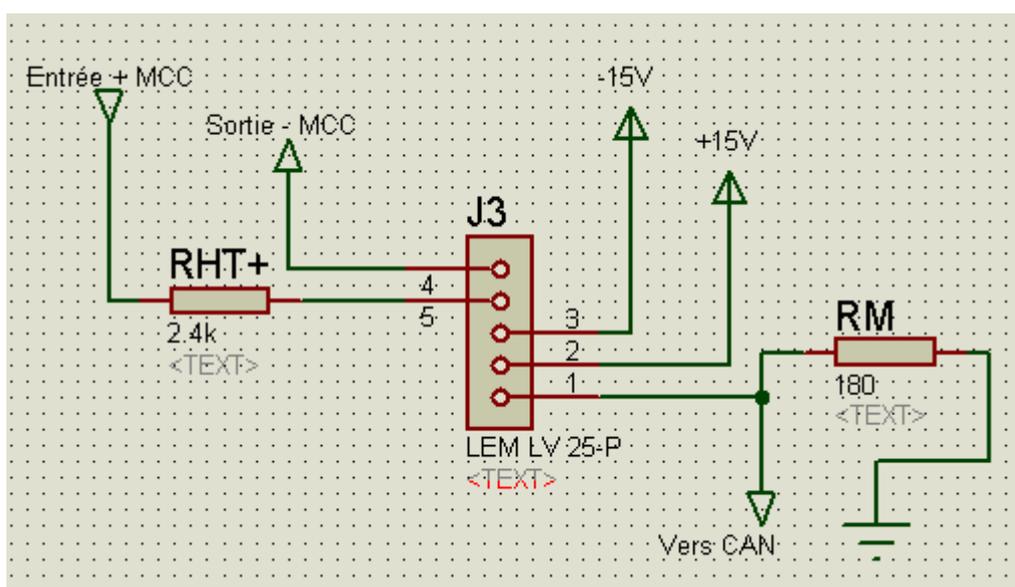
Le courant nominal « In » est spécifié à 10 mA selon la documentation. Avec une entrée en 24 Volts on calibre alors « RHT+ » :

$$\rightarrow RHT+ = Ue / In = 24 / 0,01 = \mathbf{2,4\ k\Omega} \quad (\text{si } Ue=48\ \text{V alors } RHT+ = 4,8k\Omega)$$

Une fois celle-ci calibré, une seconde résistance (RM) est placé sur le circuit Vout du capteur. La documentation spécifie une plage RM:min=100Ω et RM:max=350Ω pour un courant d'entrée à 10 mA.

Cette résistance associer au courant de sortie nominal (Isn) de 25 mA (rapport de transformation 2500/1000 ) est calibrer pour une plage de mesure (Plm) de 0 à 4,5V :

$$\rightarrow RM = Vmax\ Plm / Isn = 4,5 / 0,025 = \mathbf{180\ \Omega}$$



## VI. Réalisation de la carte électronique

---

Le moteur et la carte FPGA sont reliés à une carte électronique réalisées et fabriquées par nous même. Le but de cette carte est de mesurer le courant et la tension pour ensuite adapter les signaux de mesure des capteurs de tension et de courant et les envoyer à la carte FPGA.

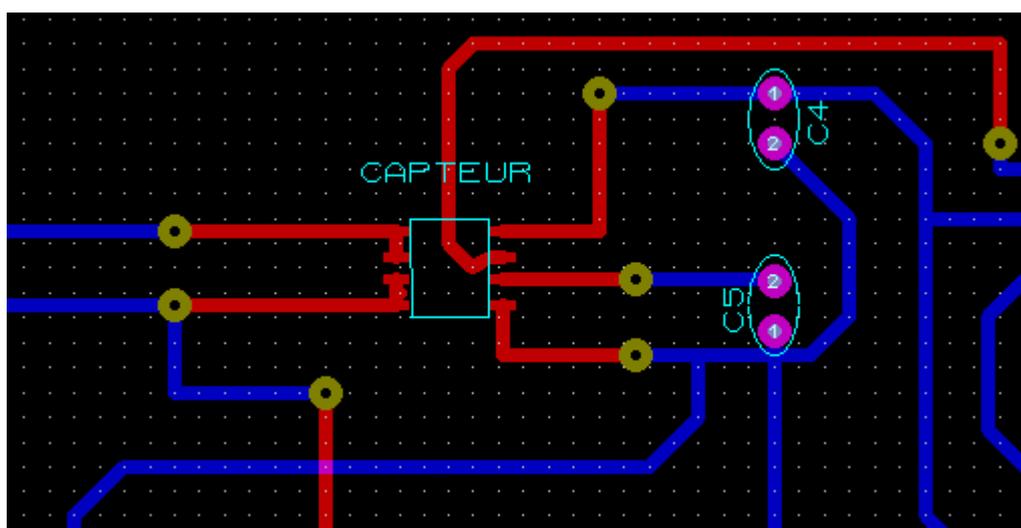
Elle permet aussi grâce au convertisseur DC/DC de créer un niveau de charge sur le moteur et piloté par une PWM émise par la carte FPGA.

Des connecteurs 2 broches sont prévues pour l'arrivé du moteur, de la PWM, de la résistance de charge, l'inhibition et l'alimentation +15V / -15V.

Un connecteur 10 broches pour les signaux adaptés des capteurs de tension et de courant envoyé sur la carte FPGA.

Sur les alimentations des composant nous avons mis des condensateurs de découplage, ils permettent de filtrer les harmoniques de hautes fréquences vers la masse, et limite l'amplitude des perturbations.

Les composants choisit pour le projet sont tous de type traversant, à l'exception du capteur de courant en CMS. Nous avons du prendre en compte cette particularité pour les liaisons entre eux. Aucun package n'était dans la base de données, ils ont tous été fait à l'aide des documentations techniques sous le logiciel ISIS puis intégré sur le TYPON.

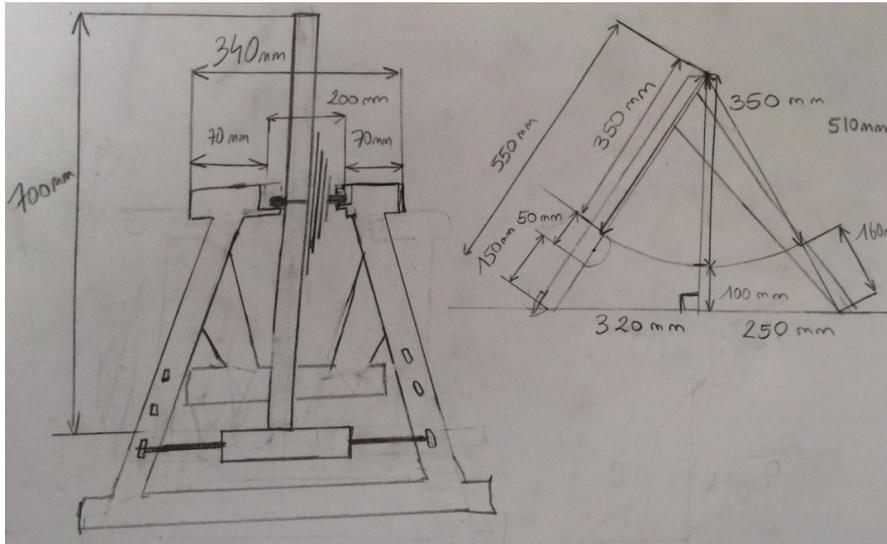


*Liaison de type «Top Copper» pour le capteur de courant*

### VII. Le châssis du Home-trainer

Pour permettre à l'utilisateur de pédaler dans les meilleures conditions, nous avons décidé d'opter pour un Home-trainer à entraînement mécanique par la roue arrière. Pour ce faire, nous réalisons le châssis à l'aide de plan et d'idée que les constructeurs ont mis aux points.

L'idée générale serait de relever légèrement la roue :



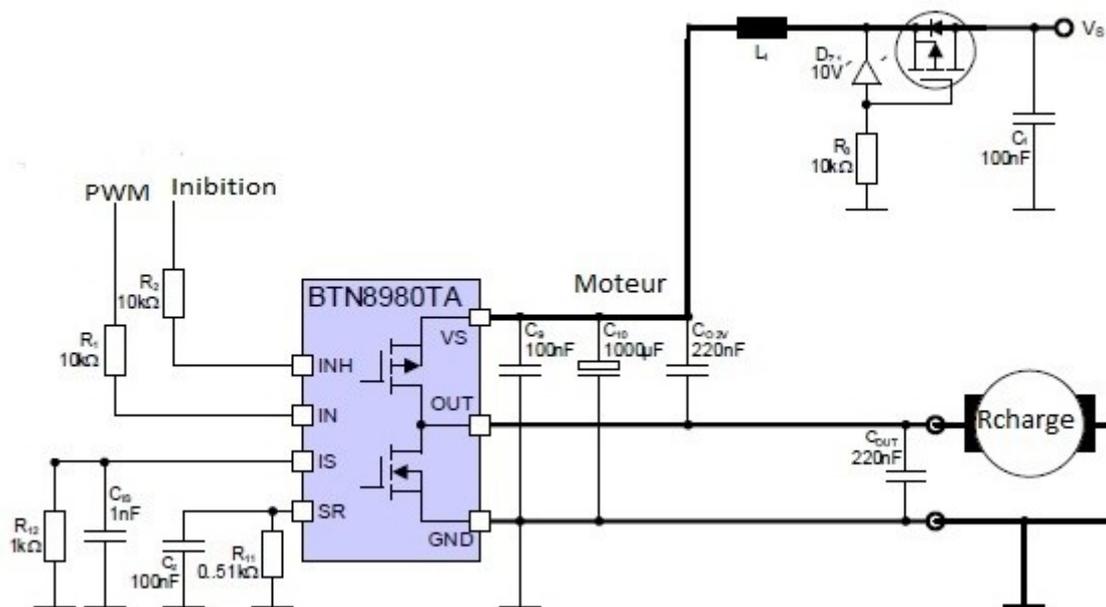
Et de fixer un rouleau à gel pour avoir une meilleure adhérence, ce rouleau sera relié à l'arbre du moteur. Une fois mis en place, il y aura la possibilité de placer ce châssis avec différents vélos puisque l'axe de la roue n'est pas «fixé» mais bloqué à l'aide de vis avec un pas adaptatif.

Il sera également possible d'intégrer la carte électronique pour récupérer les fils de la MCC et de rajouter la résistance de charge en conséquence.

### VIII. Convertisseur DC/DC

Le convertisseur permet de piloter la résistance de charge pour créer un couple résistif sur l'arbre du moteur se qui permet d'imité une pente . La PWM qui gère le convertisseur est modifiable par l'écran tactile pour permettre a l'utilisateur d'avoir des conditions plus difficile.

Un convertisseur DC/DC de référence : BTN8980TA de chez INFINEON. Il peut supporter une tension de 5,3 V<sub>max</sub> en entrée. Il est capable de travailler en haute fréquence sur la PWM. Il possède un protection en température.



La pin In (broche 2) est l'arrivé de la PWM qui pilote le demi pont.

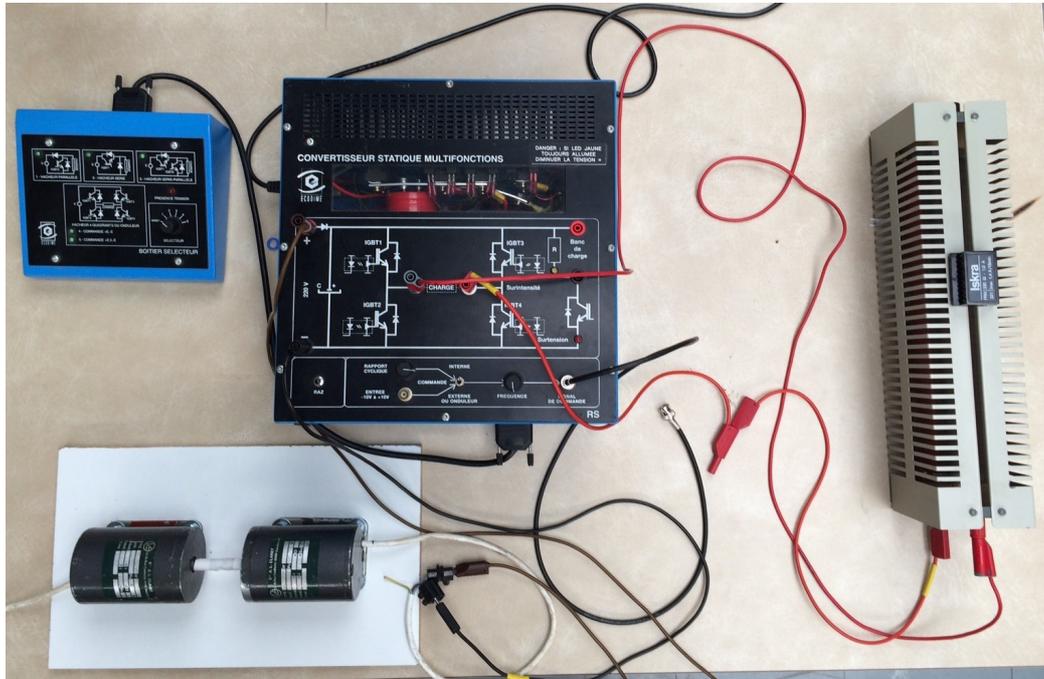
La pin INH (broche 3) inhibition permet de mettre en mode veille le convertisseur.

La pin OUT (broche 4) résistance de charge car le moteur est en mode génératrice.

La pin VS (broche 7) moteur en mode génératrice, on le met en sortie du convertisseur.

## IX. La maquette démonstrative et la résistance de charge

Pour mieux comprendre le fonctionnement d'un moteur entraîné en génératrice, nous avons réalisé une maquette démonstrative. Celle-ci a été créée à l'aide de deux moteurs, leur arbre relié et fixé entre eux.



Cette maquette rassemble alors un convertisseur (en mode hacheur série), l'application d'un moteur en génératrice (un moteur alimenté et le second relié au hacheur) et notre résistance de charge simulé par un rhéostat.

La résistance est à calibré sur deux paramètres :

- ➔ Sa valeur Ohmique, qui permettra d'abaisser le courant à la sortie du hacheur.
- ➔ La puissance supporté par cette résistance, elle dépendra de la tension et du courant.

---

## Conclusion

---

Dans le cadre de notre projet, nous devions réaliser un prototype de Home-trainer pour permettre d'afficher la puissance développée par son utilisateur. Dans un premier temps nous avons dû nous informer sur les technologies utilisées et les fonctions que nous utiliserons pour mettre en place celle privilégiée. Ensuite nous avons réparti le travail entre la partie commande et la partie mécanique/prise de mesure.

A travers les différentes exigences imposées par le cahier des charges nous avons réparti le travail pour aboutir à notre fonction. L'entraînement d'un moteur par la roue arrière d'un vélo monté sur un châssis, la commande d'un hacheur et la prise de mesure sur la sortie de la machine à courant continu. Celle-ci a été en partie réalisée et reste encore à améliorer.

Nous avons rencontré des difficultés sur le lancement du projet avec le choix de nos composants. Cette partie s'est réalisée de manière théorique sans support physique, nous n'avons donc pas réalisé les tests permettant de valider nos choix à la période que nous voulions. Un certain retard a été pris et des tests supplémentaires sont à réaliser avec un moteur monté sur le châssis.

La réalisation de notre carte électrique nous a permis de comprendre l'importance du travail antérieur et de l'étude des composants. Cette partie, si elle est réalisée correctement et validée, permet plus de compréhension dans la partie validation et d'avancer rapidement pour réaliser le projet.

D'un point de vue humain, le travail en groupe est une bonne chose, il est bon de respecter les choix et idées de tous les membres afin d'avancer sur le projet. Également, le fait de découper le travail nous a permis de se concentrer sur une partie précise où l'on va s'investir dans l'intérêt du groupe.

---

## Bibliographie

---

Cette bibliographie liste les différentes documentations utilisées pendant le projet. Celles-ci sont référencées à l'aide d'un lien amenant à la documentation en question sur un navigateur internet.

**Capteur de courant :** ACS712ELCTR-30A-T

*lien :* <http://www.farnell.com/datasheets/1691042.pdf>

**Capteur de tension :** Module LEM LV 25-P

*lien :* [http://www.lem.com/docs/products/lv\\_25-p.pdf](http://www.lem.com/docs/products/lv_25-p.pdf)

**Convertisseur DC/DC :** INFINEON BTN8980TA

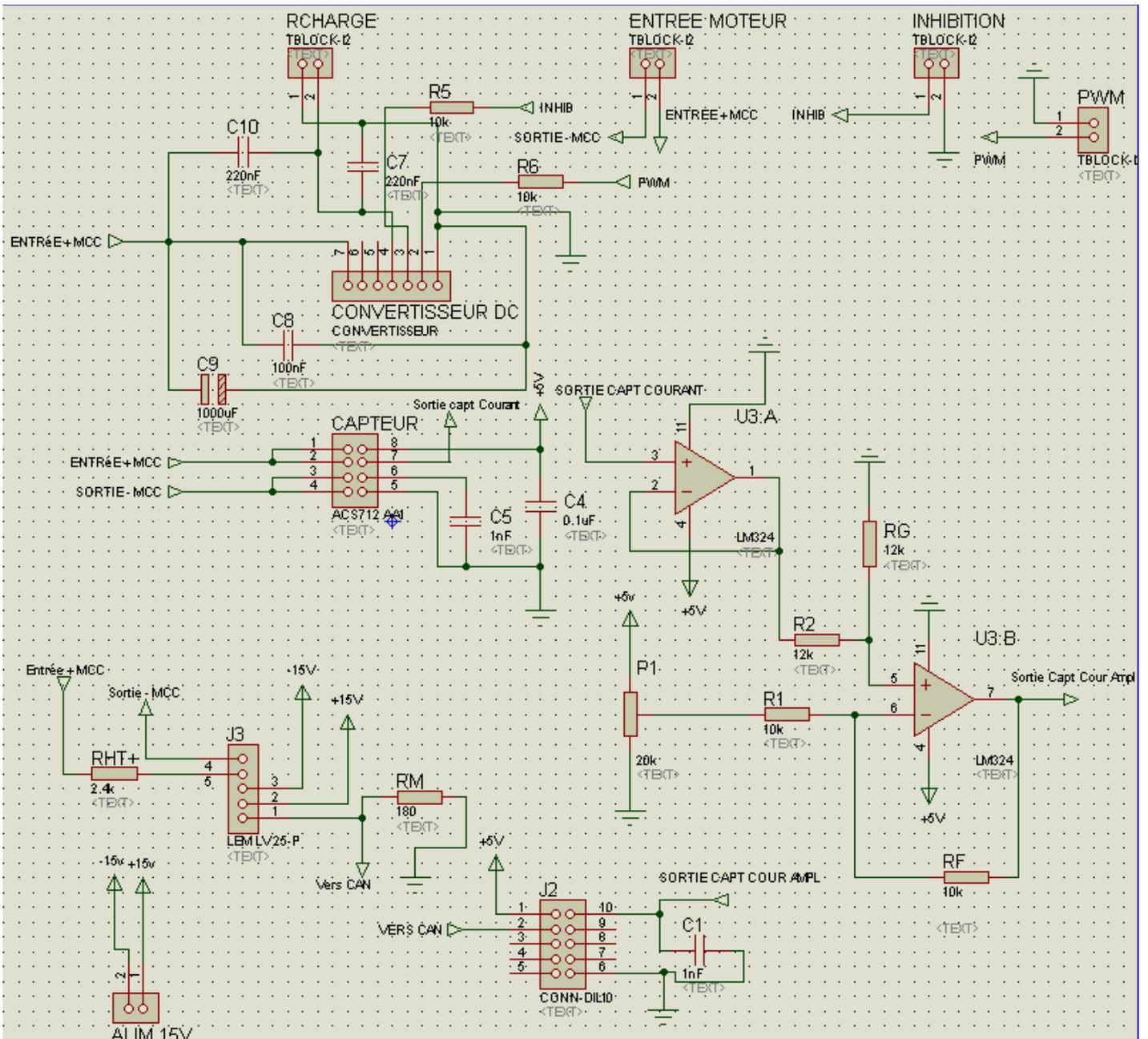
*lien :* <http://www.farnell.com/datasheets/1932115.pdf>

**Convertisseur analogique/numérique :** AD7928

*lien :* [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7908\\_7918\\_7928.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7908_7918_7928.pdf)

# Annexe

## I. Schéma structurel de la carte électronique





### III. Nomenclature des pièces à commander

Nom	Composant	Référence	Boîtier	Description
R1	Résistance		RES40	1W 5%
R2	Résistance		RES40	1W 5%
R5	Résistance		RES40	1W 5%
R6	Résistance		RES40	1W 5%
RG	Résistance		RES40	1W 5%
RF	Résistance		RES40	1W 5%
RHT+	Résistance		RES40	1W 5%
RM	Résistance		RES40	1W 5%
C1	Condensateur		Cap10	1nF
C4	Condensateur		Cap10	0,1 $\mu$ F
C5	Condensateur		Cap10	1nF
C7	Condensateur		Cap10	220nF
C8	Condensateur		Cap10	100nF
C9	Condensateur	Polarisé	ELEC-RAD10	1000 $\mu$ F
C10	Condensateur		Cap10	220nF
Convertisseur DC	Convertisseur Dc/DC	BTN8980TA	CONVERTISSEUR DC	
Capteur	Capteur courant	ACS712ELCTR-30A-T	ACS712	
LEM LV 25-P	Capteur tension	LEM LV 25-P	LV 25-P	
U3	AOP suiveur		DIL14	
J2	Connecteur 10 broches		CONN-DIL10	Vers CAN
ALIM 15V	Bornier à vis		TBLOCK-I2	Alimentation +15V -15V
PWM	Bornier à vis		TBLOCK-I2	Modulation de largeur d'impulsion
INHIBITION	Bornier à vis		TBLOCK-I2	INHIBITION
RCHARGE	Bornier à vis		TBLOCK-I2	Charge résistive
ENTREE MO-TEUR	Bornier à vis		TBLOCK-I2	Arrivée du moteur