



**Institut Supérieur des Etudes
Technologiques de Nabeul**

Département **Génie Electrique**

Réf : EI11/18

Parcours

Electricité industrielle

Rapport de stage de fin de parcours

Organisme d'accueil : GINOR

Variateur de vitesse d'un moteur asynchrone triphasé

Réalisé par :

Ghazi KHAZRI

Encadré par :

Encadreur professionnel

Mr. Salem KHAZRI

Encadreur académique

Mr. Mongi ANTIT

Année universitaire 2017 / 2018

Dédicace

*A*vec un grand plaisir je dédie ce **PFE**

A ceux qui m'ont aidé et m'ont encouragé.

A mes parents **KHAZRI Mohsen** et **Fadhila**, qui ont subvenu à mes besoins et sponsorisé ma réalisation pratique de variateur de vitesse.

A mon petit frère Dhafrallah que j'adore, je le souhaite la joie et le succès dans ses études.

A mon cousin **Nouri** et ma tante **Salha** qui m'ont aidé lors de mes déplacements de réalisation pratique.

A tous mes amis qui étaient présents toujours auprès de moi.

A tous ceux qui j'aime et qui essaient de créer ce milieu dans lequel je vis, plein de joie et d'ambiance favorable.

KHAZRI Ghazi

Isetn, 2018



Remerciement

En premier lieu, je tiens à remercier « **DIEU** » pour me donner le courage et la patience durant mes études.

En second lieu, J'adresse ma reconnaissance à mon encadreur monsieur **Mongi ANTIT**, enseignant à **L'ISET de NABEUL** pour son aide précieuse, son encadrement de qualité et ses directives qui m'ont été d'une grande utilité afin d'accomplir mon projet de fin d'études.

Je voudrais aussi exprimer mes sincères remerciements à monsieur **Salem KHAZRI**, encadreur à **l'usine GINOR**, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement et à la réalisation de mon projet de fin d'études au sein ou dehors de l'usine "GINOR"

Je tenais également à remercier Monsieur **Moez HAJJI**, directeur de département génie électrique, pour avoir permis de mener ce travail dans des bonnes conditions.

Je ne voulais pas laisser cette occasion sans exprimer mes vifs remerciements à monsieur le directeur de **L'institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul** qui m'a donné la chance de découvrir les entreprises et d'améliorer mes informations.

Enfin, j'exprime mes remerciements, les plus dévoués, à **Monsieur le président de jury :**

Jamel Ben Salem ainsi qu'aux **membres de jury : Mme Sondes Abdelmouleh, Mr Belhaj Hassin Riadh** pour avoir accepté le jugement de mon modeste projet de fin d'études.

Cahier des Charges

Sujet :

Substitution d'un moteur à courant continu de 170 kW par un autre moteur à courant alternatif commandé par un variateur de fréquence.

Institution :

Institut supérieur des études technologiques de Nabeul (ISETN).

Département : Département Génie Electrique.

Option : Electricité industrielle (EI).

Classe : EI 31

Nombre d'étudiants : 01

Encadrés par : Mr. Mongi ANTIT (ISETN)

Mr. Salem KHAZRI (GINOR)

Période : 4 Mois (du 05 Février au 15 Juin 2018).

Travaux à faire :

- Etude bibliographique.
- Etude théorique et calcul.
- Etude économique.
- Montage et essais.
- Etude technologique.
- Réalisation technique
- dossier de fabrication
- Rapport (1 original + 2 copies).

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I :	2
PRESENTATION DE LA SOCIETE ET PROBLEMATIQUE.....	2
INTRODUCTION.....	3
1. PRESENTATION DE LA SOCIETE	3
2. PROBLEMATIQUE	4
2.1 Diffusion du sucre	4
2.2 Le diagramme de QQQCCP	4
2.3 Organigramme de diagnostic.....	5
2.4 Les inconvénients du moteur à courant continu	7
3. SOLUTION	7
4. CONCLUSION	7
CHAPITRE II :	8
CHOIX DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE ET SON VARIATEUR.....	8
INTRODUCTION.....	9
1. ETUDE DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE	9
1.1 Définition.....	9
1.2 Constitution	9
1.2.1 Le stator	10
1.2.2 Le rotor	10
1.3 Principe de fonctionnement	10
1.4 Bilan de puissance	11
1.5 Choix du moteur	11
1.5.1 Caractéristiques sur l'arbre du moteur	11
1.5.2 Détermination du type du moteur	12
1.6 Etude de l'emplacement du moteur	14
1.6.1 Taille du moteur 315 ML	14
1.6.2 Les accessoires du moteur 315 ML.....	14
2. ETUDE DU VARIATEUR DE VITESSE.....	15
2.1 Introduction	15
2.2 Principe de base du variateur de vitesse	15
2.2.1 Le redresseur	16
2.2.2 Le circuit intermédiaire	16

2.2.3	Etude de l'onduleur	17
2.3	Modélisation de l'onduleur triphasé.....	18
2.4	Les fonctions du variateur de vitesse.....	19
2.5	Avantages et inconvénients du variateur de vitesse	20
2.6	Facteurs du choix du variateur de vitesse.....	20
2.6.1	Facteurs techniques	20
2.6.2	Facteurs économiques	21
2.7	Choix du variateur	21
2.7.1	Caractéristiques techniques générales	21
2.7.2	Caractéristiques techniques spécifiques CEI.....	22
2.7.3	Dimensions.....	22
2.7.4	Les normes d'installation	23
3.	CONCLUSION	23
CHAPITRE III :		24
SIMULATION DU VARIATEUR DE VITESSE		24
INTRODUCTION.....		25
1.	PRESENTATION DU LOGICIEL « PSIM »	25
2.	SIMULATION DU SYSTEME : VARIATEUR DE VITESSE AVEC MOTEUR	25
2.1	Réseau d'alimentation du variateur de vitesse	26
2.2	L'étage redresseur	27
2.3	L'étage de filtrage	28
2.4	L'étage onduleur.....	28
2.4.1	Commande pleine onde (180°).....	29
2.4.2	Commande MLI d'une machine asynchrone.....	34
3.	CONCLUSION	39
CHAPITRE IV :		40
REALISATION D'UN VARIATEUR DE VITESSE A BASE D'ONDULEUR PILOTE PAR ARDUINO		40
INTRODUCTION.....		41
1.	GENERALITIES SUR LES CARTES ARDUINO	41
1.1.	Présentation	41
1.2	Spécifications techniques	42
1.3	Alimentation.....	43
1.4	Mémoire	43
1.5	Broches numériques	43
1.6	Entrées analogiques.....	44

2.	SIMULATION DU PROGRAMME SUR PROTEUS	44
2.1	Organigramme du programme Arduino	44
2.2	Schéma de simulation.....	45
2.3	Résultats de simulation.....	46
2.3.1	Vitesse maximale.....	46
2.3.2	Vitesse moyenne.....	47
2.3.3	Vitesse minimale	48
3.	CONCEPTION ET REALISATION PRATIQUE	49
3.1	Choix des composants électroniques.....	50
3.2	Carte de commande	50
3.2.1	Alimentation 5V	50
3.2.2	Entrées/sorties Arduino Mega	52
3.2.3	Isolation galvanique avec PC817	54
3.2.4	Driver 2110.....	56
3.3	Routage de la carte de commande	58
3.4	Carte de puissance	62
3.4.1	Introduction	62
3.4.2	IGBT.....	64
3.5	Routage de la carte de puissance	64
3.6	Routage de la carte d'affichage	68
4.	REALISATION PRATIQUE	69
4.1	Carte de commande	69
4.1.1	Montage.....	70
4.1.2	Visualisation sur oscilloscope	70
4.2	Carte de puissance	71
4.3	Carte d'affichage	72
4.4	Boitier du variateur.....	73
4.4.1	Plan de réalisation 3D de boitier.....	73
4.4.2	Fixation des cartes et câblages	73
5.	ETUDE ECONOMIQUE	75
6.	CONCLUSION	76
	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	77

Liste des figures

Figure 1: Organigramme général.....	3
Figure 2: Diffuseur + moteur à cc	4
Figure 3: Diagramme QQQCCP.....	5
Figure 4: Organigramme de diagnostic	6
Figure 5: Moteur à courant continu	7
Figure 6: Moteur asynchrone triphasé.....	9
Figure 7: Constitution du moteur asynchrone triphasé.....	9
Figure 8: Bilan de puissance	11
Figure 9: Choix du moteur	13
Figure 10: Taille du moteur.....	14
Figure 11: Schéma du variateur de vitesse	15
Figure 12: Schéma du redresseur	16
Figure 13: Schéma intermédiaire.....	16
Figure 14: Schéma de l'onduleur triphasé.....	17
Figure 15: Principe de fonctionnement de l'onduleur triphasé	17
Figure 16: Modélisation de l'onduleur triphasé	18
Figure 17: Quadrant de fonctionnement de la machine asynchrone.....	21
Figure 18: Dimensions du variateur	22
Figure 19: Normes d'installation du variateur.....	23
Figure 20: Variateur de vitesse du moteur asynchrone triphasé.....	25
Figure 21: Réseau triphasé équilibré	26
Figure 22: Les signaux des tensions V_1 , V_2 , V_3	26
Figure 23: Redresseur.....	27
Figure 24: Réponse de la tension redressée.....	27
Figure 25: Filtre type LC.....	28
Figure 26: Simulation de la tension filtrée	28
Figure 27: Schéma de principe du moteur commandé en pleine onde.....	29
Figure 28: Les signaux de commande k_1 , k_2 , k_3	30
Figure 29: Branchement des voltmètres entre phases	31
Figure 30: Les tensions composées U_{12} , U_{23} , U_{31}	31
Figure 31: Branchements des voltmètres sur les phases.....	32
Figure 32: Les tensions simples V_{1n} , V_{2n} , V_{3n}	33
Figure 33: Branchement des ampèremètres	33
Figure 34: Allures des courants I_1 , I_2 , I_3	34
Figure 35: Schéma du principe du moteur avec commande MLI	35
Figure 36: Porteuse triangulaire haute fréquence.....	35
Figure 37: Simulation de la porteuse.....	35
Figure 38: Simulation des tensions $V_{1nréf}$, $V_{2nréf}$ et $V_{3nréf}$	36
Figure 39: Principe MLI à porteuse en dents de scie	36
Figure 40: Les signaux de commande k_1 , k_2 et k_3	37
Figure 41: Tensions composées	37
Figure 42: Tensions simples.....	38
Figure 43: Les signaux des courants i_1 , i_2 et i_3	38
Figure 44: Carte arduino Mega.....	42

Figure 45: Organigramme du programme Arduino.....	44
Figure 46: Schéma de simulation programme sur PROTEUS	45
Figure 47: Les 6 PWM avec Vitesse maximale	46
Figure 48: Les 6 PWM avec Vitesse moyenne	47
Figure 49: Les 6 PWM avec Vitesse minimale	48
Figure 50: Schéma synoptique	49
Figure 51: Plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé	50
Figure 52: Alimentation 5VDC	51
Figure 53: Bornier à 2 vis.....	51
Figure 54: Régulateur 7805 TO 220.....	52
Figure 55: Connecteur header male.....	52
Figure 56: Carte de commande.....	53
Figure 57: Connexion entrées/sorties Arduino.....	54
Figure 58: Isolation galvanique par l'optocoupleur PC817.....	55
Figure 59: Diagramme fonctionnel de IR2110.....	56
Figure 60: Etude de HIN	56
Figure 61: Diagramme HIN	57
Figure 62: Etage de sortie bas	57
Figure 63: Etage de sortie haut.....	58
Figure 64: Montage d'application	58
Figure 65: Schéma du montage de la carte de commande	59
Figure 66: Routage de la carte de commande	60
Figure 67: Typon de la carte de commande	61
Figure 68: Schéma électronique de la carte de puissance	63
Figure 69: Structure d'un IGBT	64
Figure 70: IGBT 50N60	64
Figure 71: Schéma du montage de la carte de puissance	65
Figure 72: Routage de la carte de puissance	66
Figure 73: Typon de la carte de puissance	67
Figure 74: Schéma du montage de la carte d'affichage.....	68
Figure 75: Routage et typon de la carte d'affichage.....	68
Figure 76: Face composants de la carte de commande	69
Figure 77: Face soudure de la carte de commande.....	69
Figure 78: Montage de la carte de commande.....	70
Figure 79: Visualisation des signaux de commande	70
Figure 80: Face composants de la carte de puissance	71
Figure 81: Face soudure de la carte de puissance.....	71
Figure 82: Carte d'affichage.....	72
Figure 83: Plan de réalisation du boîtier.....	73
Figure 84: Fixation des cartes et câblages.....	73
Figure 85: Photo du variateur	74

Liste des tableaux

Tableau 1: Accessoires du moteur.....	14
Tableau 2: Les tensions composées et signaux de commande	32
Tableau 3: Etude économique	76

Glossaire

Chapitre I :

GINOR : Générale industrie nord de Tunis

Moteur cc : moteur à courant continue

QQOQCCP : quoi, qui, ou, quand, comment, combien, pourquoi

Chapitre II :

ABB : sigle d'ASEA Brown Boveri

f.é.m. (V) : force électromotrice

P_a (W) : Puissance active absorbée par le stator

P_{mec} (W) : Pertes mécaniques

P_{js} (W) : Pertes joule au stator

P_u (W) : Puissance utile

P_{fs} (W) : Pertes fer au stator

C_{em} (Nm) : Couple électromagnétique

P_{tr} (W) : Puissance transmise du stator au rotor

C_u (Nm) : Couple utile

P_{jr} (W) : Pertes joule au rotor

Ω_s (rad/s) : Vitesse angulaire de synchronisme

P_{fr} (W) : Pertes fer au rotor

Ω (rad/s) : Vitesse angulaire du rotorique

P_{em} (W) : Puissance électromagnétique

C_r (Nm) : couple résistive

Cn (Nm): couple nominale

Pu (W) : Puissance utile

Pst (W) : puissance moyenne équivalente

IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor

MLI : Modulation de Largeur d'Impulsion

L1, L2, L3 : 3 phases

D1, D2, D3, D4, D5, D6 : Diodes

C : condensateur

L : bobine

T : transistor

R : Résistance

M : moteur asynchrone triphasé

Chapitre III

Vm (V) Amplitude de la tension de référence.

PD3 : Pont double triphasé

AC (A): courant alternatif

DC (A) : courant direct (courant continu)

LC : circuit électrique formé d'une bobine et d'un condensateur

Chapitre IV

PWM : Pulse Width Modulation

USB : Universal Serial Bus

3 ~ : triphasé

Input : entré

Output : sortie

Gound GND : masse de la partie commande

AGND : masse commune de la partie puissance

LED : Light-Emitting Diode

MOSFET : Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

INTRODUCTION GENERALE

Les moteurs asynchrones triphasés représentent plus de 80% du parc moteur électrique. Ils sont utilisés pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques. Aujourd'hui ces machines remplacent de plus en plus les machines à courant continu dans la plupart des applications nécessitent des entraînements à vitesse variable.[1]

L'utilisation du variateur de vitesse est répandue dans des nombreux domaines industriels, soit pour régler le processus, soit pour fixer le point de fonctionnement. Il apparaît comme un moyen au service d'une démarche productique dont l'objectif est d'optimiser la compétitivité des produits de l'usine.

L'objectif de mon projet consiste à résoudre un problème pour l'usine « GINOR » qui est représenté dans un moteur à courant continu de puissance 170 kW qui fait beaucoup des problèmes au niveau du fonctionnement, ce qui à son tour provoque une pause de productivité de l'usine car ce moteur fait tourner un diffuseur et l'emplacement de ce dernier est très sensible.

Mon rapport est structuré en **quatre chapitres** qui reflètent la démarche que j'ai adoptée pour le développement de ce projet.

Le premier chapitre « Présentation de la société et problématique », dans lequel je vais décrire la société ainsi que sa problématique.

Dans le **second chapitre** « Choix du moteur asynchrone triphasé et son variateur », je vais faire l'étude du choix du moteur asynchrone triphasé ainsi que le variateur convenable.

Dans le **troisième chapitre** « Simulation du variateur de vitesse », je vais simuler le variateur de vitesse, puis je vais comparer ses performances avec deux types de commande.

Dans le **quatrième chapitre** « Réalisation d'un variateur de vitesse à base d'onduleur piloté par arduino », je vais faire la réalisation pratique d'un variateur de vitesse d'un moteur asynchrone triphasé.

Le projet se termine par « Conclusion générale et perspectives » présentant une synthèse de mon travail, ainsi que les perspectives permettant d'améliorer ce projet.

CHAPITRE I :
PRESENTATION DE LA SOCIETE ET
PROBLEMATIQUE



INTRODUCTION

Ce chapitre fera l'objet d'une brève présentation de la Générale Industrie du Nord « GINOR », et l'explication détaillée de la problématique de la société à laquelle elle cherche la solution adéquate.

1. PRESENTATION DE LA SOCIETE

Le « GINOR » est un établissement à caractère industriel qui a pour mission de fabriquer le sucre, Il a été fondé en 1983 par une société allemande, son capital social s'élève à 4.5 millions de dinars. Installé à Ben Bachir (Jendouba Nord), il renferme 160 techniciens et cadres.

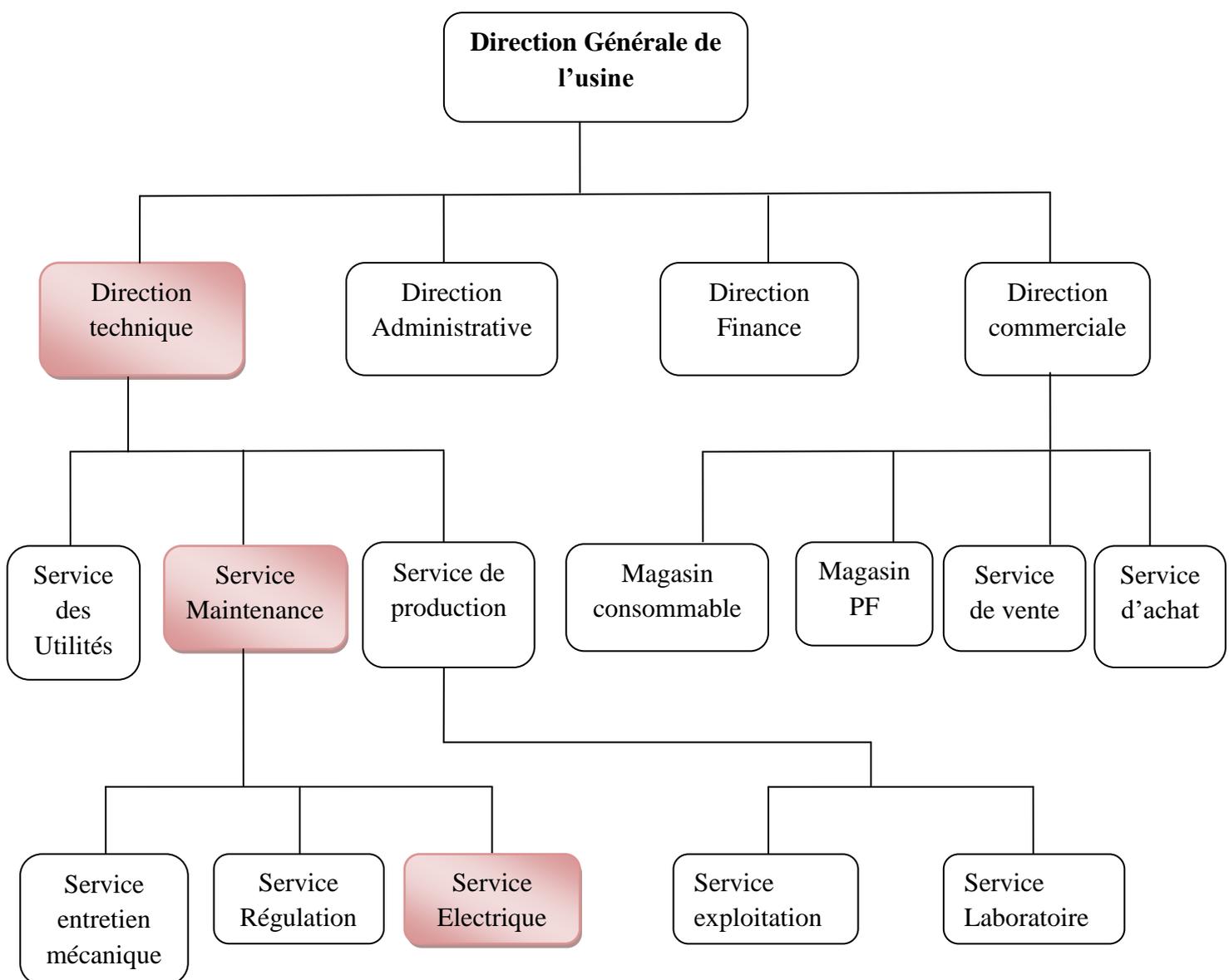


Figure 1 : Organigramme général

2. PROBLEMATIQUE

2.1 Diffusion du sucre

Le problème réside dans l'étape de diffusion du sucre. Dans cette étape des cossettes de sucre entrent dans un diffuseur. Cette opération est basée sur le principe de l'osmose : Si l'on fait circuler lentement de l'eau tiède et ces cossettes, le sucre contenu dans ces dernières passe progressivement dans l'eau dans le but d'obtenir un jus de sucre. Le diffuseur de cette usine est un immense cylindre compartimenté entraîné par un moteur à courant continu. Celui-ci ne peut pas effectuer les performances souhaitées. Il a un cycle de fonctionnement interrompu qui se répète plusieurs fois en raison des pannes fréquentes. Par conséquent le diffuseur se bloque et ne tourne plus, ce qui mène à l'arrêt de la production de l'usine jusqu'à la réparation du moteur.



Figure 2 : Diffuseur + moteur à cc

2.2 Le diagramme de QOOQCCP

L'objectif de cet outil est de poser les 7 questions clés (quoi, qui, ou, quand, comment, combien, pourquoi), afin de recueillir toutes les informations nécessaires en relation à une situation, un système, un problème...etc. permet de formuler précisément la solution. [2]

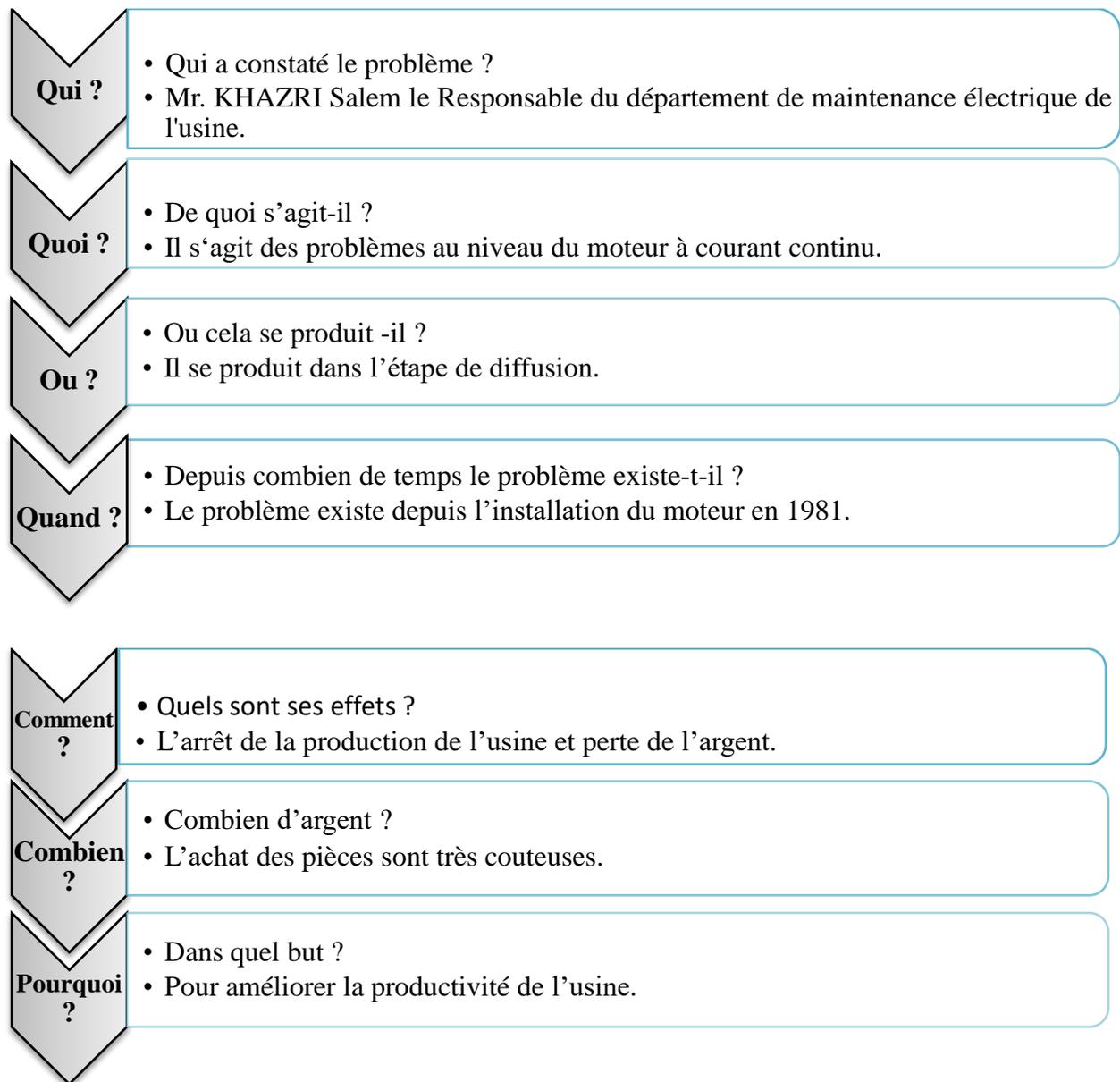


Figure 3 : Diagramme QQQQCCP

2.3 Organigramme de diagnostic

Pour faciliter la recherche des causes de l'arrêt de la production, je vais utiliser l'organigramme de diagnostic appelé également algorithme de dépannage. [2]

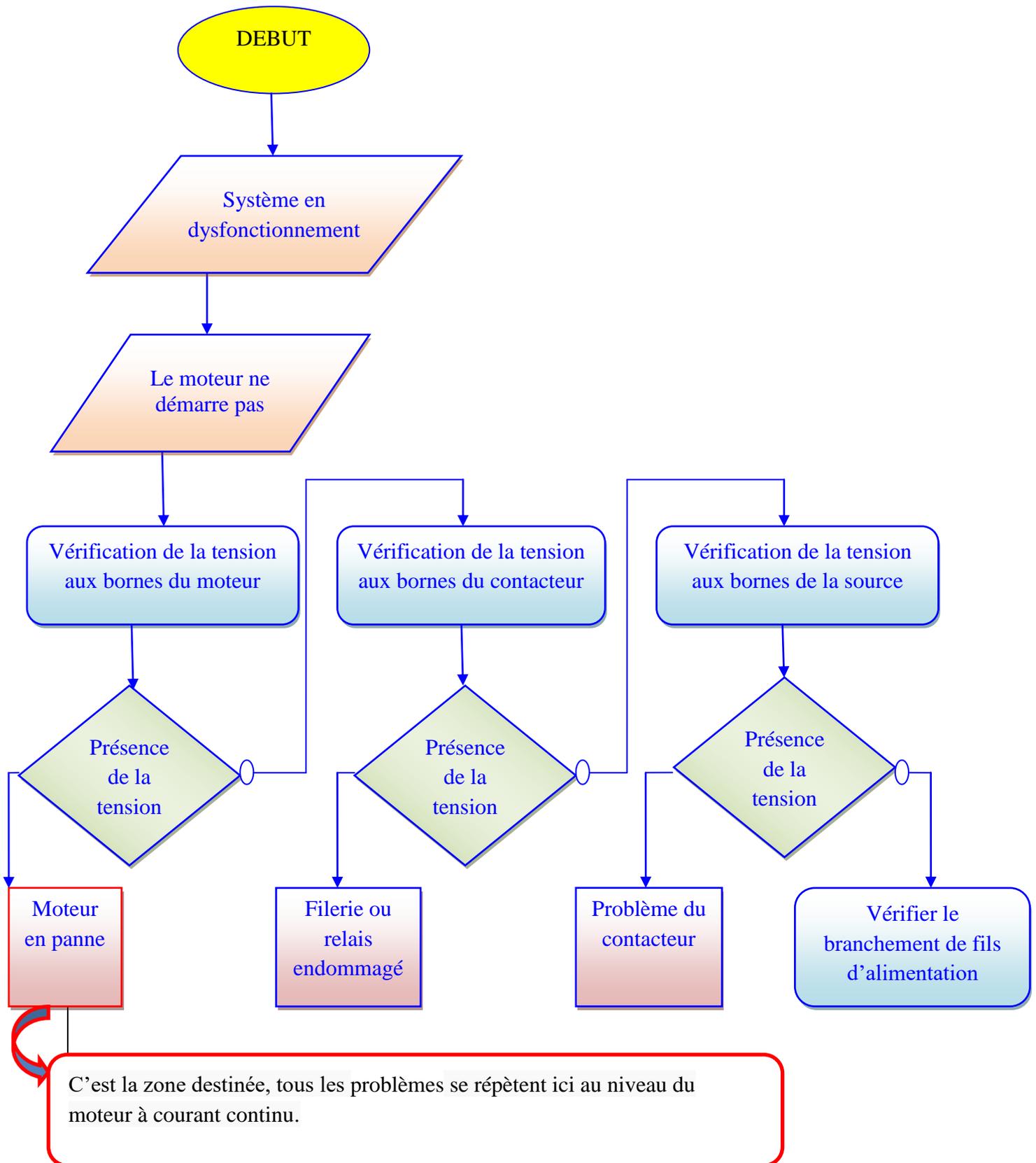
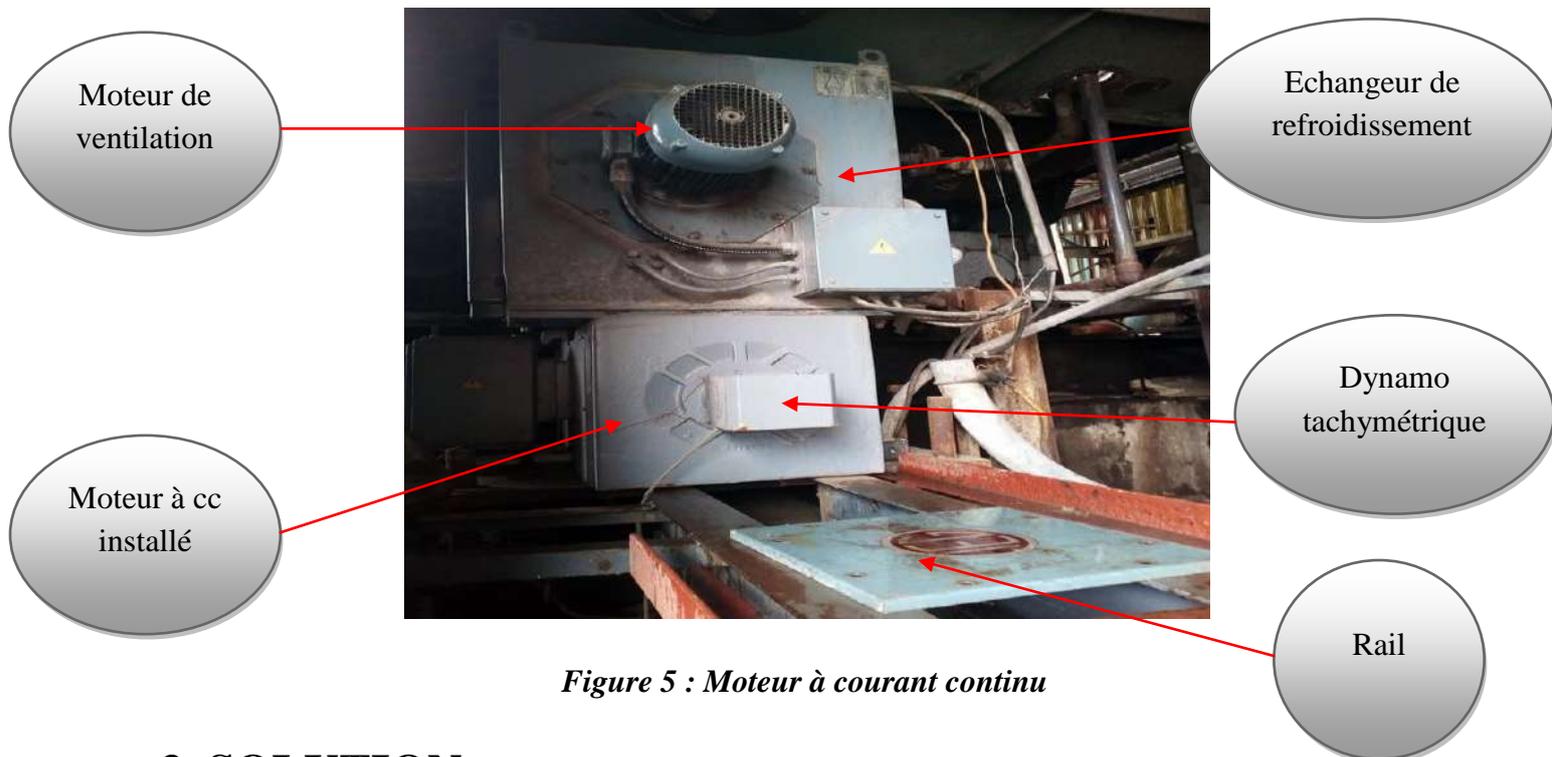


Figure 4 : Organigramme de diagnostic

2.4 Les inconvénients du moteur à courant continu

Le moteur à courant continu actuellement installé présente plusieurs inconvénients :

1. L'entretien de ce moteur et la réparation ainsi que l'achat des pièces sont très coûteuses par rapport à un moteur à courant alternatif.
2. plus la vitesse de rotation est élevée, plus la pression des balais doit augmenter pour rester en contact avec le collecteur donc plus le frottement est important alors les balais doivent donc être remplacés très régulièrement.
3. le collecteur imposant des ruptures de contact provoque des arcs, qui usent rapidement le commutateur et génèrent des parasites dans le circuit d'alimentation.
4. le moteur est devenu vétuste puisqu'il est installé depuis 1981.



3. SOLUTION

La solution adéquate sera un changement du moteur à courant continu par un autre asynchrone triphasé avec sa commande.

4. CONCLUSION

Dans ce chapitre j'ai présenté la société GINOR, ainsi que l'étape dans laquelle le problème se répète puis la solution proposée. Le chapitre suivant sera consacré à une étude du choix du moteur asynchrone triphasé et son variateur qui va remplacer l'ancien moteur à courant continu.

CHAPITRE II :

CHOIX DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE ET SON VARIATEUR



INTRODUCTION

Dans ce chapitre je vais étudier le choix du nouveau moteur asynchrone triphasé de type ABB exigé par la société qui va remplacer le moteur à courant continu en gardant la même puissance 170 kW ainsi le variateur convenable.

1. ETUDE DU MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

1.1 Définition

Le moteur asynchrone triphasé transforme l'énergie électrique en énergie mécanique afin de tourner le diffuseur, il est extrêmement robuste et plus répandu dans l'industrie vu sa constitution, son fiabilité, son faible coût, sa simplicité de construction et sa réversibilité en fonctionnement.



Figure 6 : Moteur asynchrone triphasé

1.2 Constitution

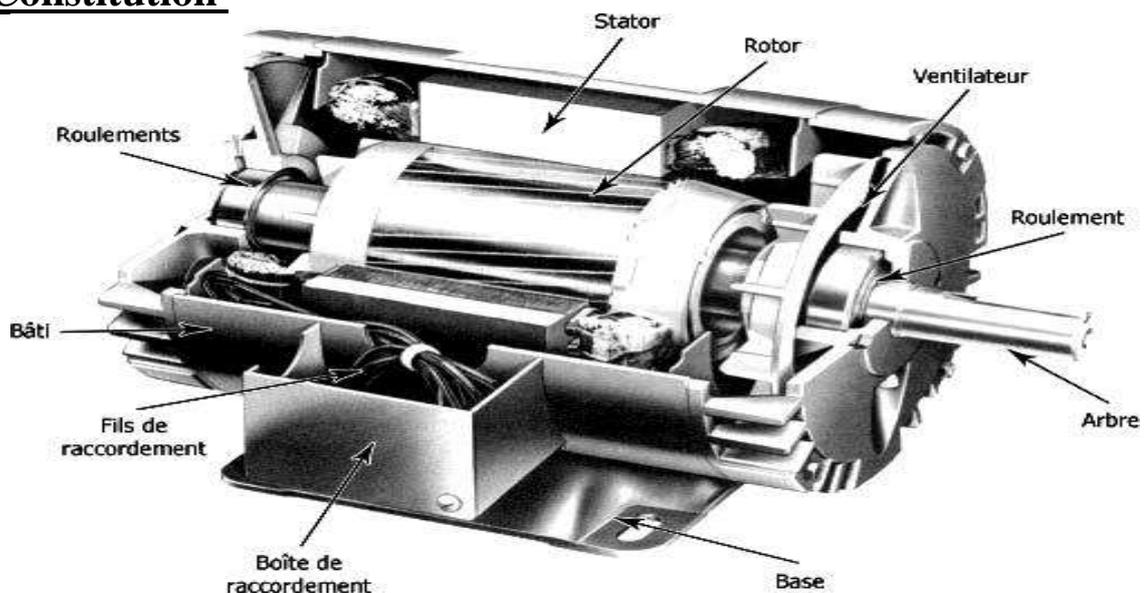


Figure 7 : Constitution du moteur asynchrone triphasé

1.2.1 Le stator

C'est la partie fixe du moteur, il est formé d'une carcasse ferromagnétique qui contient trois enroulements électriques alimentés chacune par une phase de tension U , et d'une fréquence f . Le passage de courant dans les enroulements crée un champ magnétique tournant \vec{B} à l'intérieur du stator, sa vitesse de rotation ns s'appelle vitesse de synchronisme $ns = \frac{f}{p}$ ou $\Omega_s = 2\pi ns$

1. ns : la fréquence de rotation du champ \vec{B} s'exprime en **tours/s**
2. f : la fréquence de tension d'alimentation des bobines en Hertz **Hz**
3. p : le nombre de paires de pôles du rotor
4. Ω_s : La vitesse de synchronisme s'exprime en **rad/s**

1.2.2 Le rotor

C'est la partie mobile du moteur asynchrone, il tourne moins vite que le champ tournant de stator, sa vitesse est $nr < ns$, il porte soit un bobinage accessible par trois bagues et trois balais, soit une cage d'écurieil non accessible à base des barres conductrices en aluminium. La vitesse angulaire relative du champ par rapport au rotor est la vitesse angulaire de glissement :

$$\Omega_g = \Omega_s - \Omega_r \quad (\text{rad/s})$$

$$n_g = n_s - n_r \quad (\text{tours/s})$$

1.3 Principe de fonctionnement [3]

Le champ magnétique tournant \vec{B} crée par les bobinages statoriques balaie le bobinage rotorique et y induit des forces électromotrices (f.é.m.) d'après la loi de Lenz. Le bobinage rotorique étant en court-circuit, ces fém y produisent des courants induits. L'action de ce champ sur les courants induits crée le couple moteur. Ce dernier tend à réduire la cause qui a donné naissance aux courants, c'est à dire la rotation relative du champ tournant par rapport au rotor. Le rotor va donc avoir tendance à suivre ce champ.

Les trois pulsations qui se retrouvent au sein de moteur sont :

1. $\omega_s = 2\pi \cdot f_s$, pulsation des grandeurs statoriques
2. $\omega_r = 2\pi \cdot f_r$, pulsation des grandeurs rotoriques

3. $\omega = 2\pi.f$, pulsation des grandeurs mécaniques avec $\Omega = \frac{\omega}{p}$: Ω vitesse mécanique

Ces trois pulsations sont liées par l'équation :

1. $\omega_s = \omega + \omega_r$

Le glissement est défini par :

2. $g = \frac{f_s - f}{f_s} = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} = \frac{n_s - n}{n_s}$

1.4 Bilan de puissance

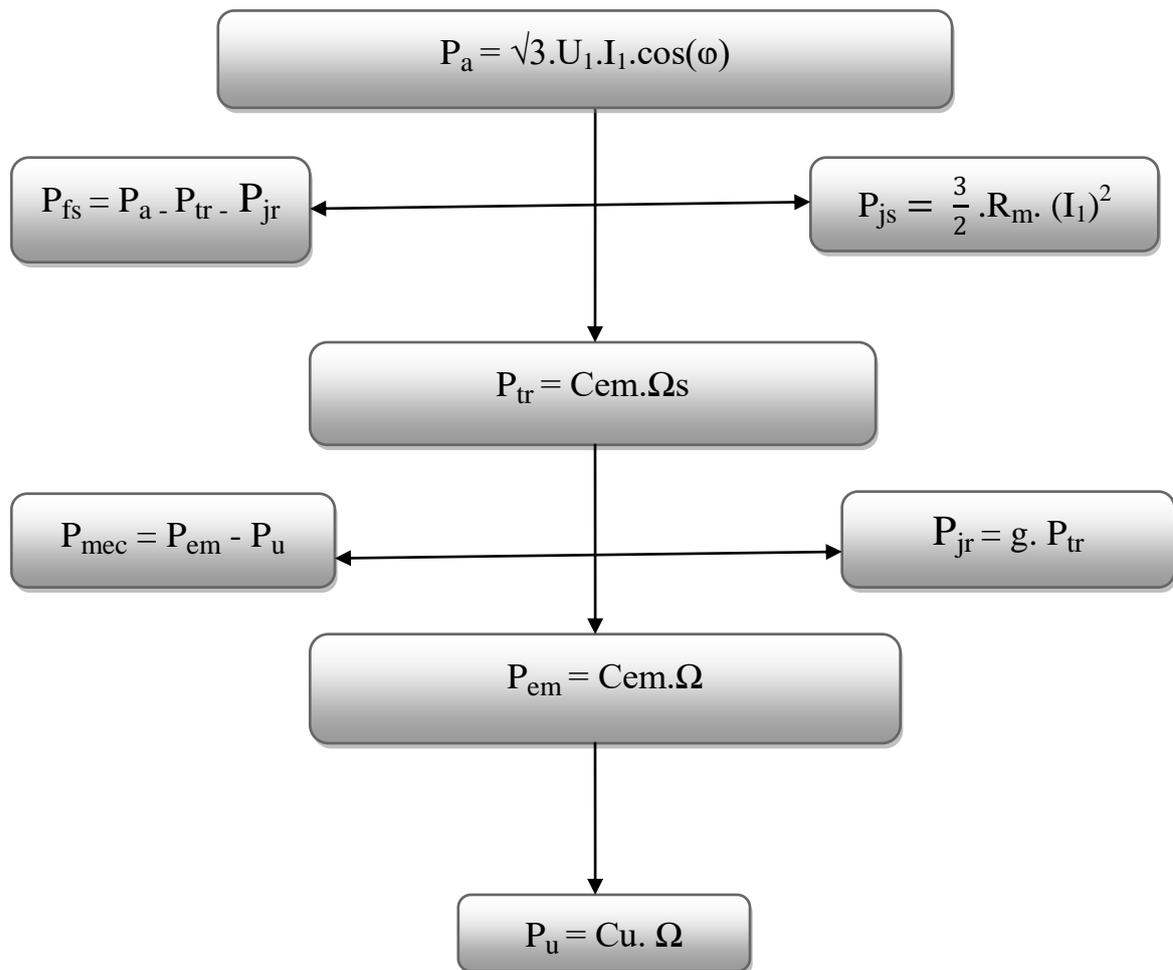


Figure 8 : Bilan de puissance

1.5 Choix du moteur

1.5.1 Caractéristiques sur l'arbre du moteur [4]

Il faut suivre les mêmes indices trouvés sur l'ancienne plaque signalétique du moteur à courant continu :

1. Vitesse de rotation :

$$n_1 = 2860 \text{ tr/min}$$

2. Tension d'alimentation :

$$230/400 \text{ V}$$

Puissance nominale :

$$P_n = 170 \text{ kW}$$

Fréquence :

$$f = 50 \text{ Hz}$$

1. Calcul de la vitesse de rotation Ω_1 :

$$\Omega_1 = \frac{2 \times \pi \times n_1}{60} = \frac{2 \times \pi \times 2860}{60} = \boxed{299.49 \text{ rad/s}}$$

2. Calcul du couple résistant Cr_1 :

On a $P_u = Cr_1 \times \Omega_1 = 170 \text{ kW}$

$$\rightarrow Cr_1 = \frac{P_u}{\Omega_1} = \frac{170 \times 1000}{299.49} = \boxed{567.63 \text{ Nm}}$$

Il faut que le couple nominal du moteur soit supérieur au couple résistant :

$$C_n > Cr_1 \Leftrightarrow C_n > 567.63 \text{ Nm}$$

3. Calcul du nombre de paires de pôles :

On a $n_r = 2860 \text{ tr/min}$ donc n_s doit être égale à 3000 tr/min

$$n_s = \frac{60 \times f}{p} \Leftrightarrow p = \frac{60 \times f}{n_s} = \frac{60 \times 50}{3000} = 1$$

Nombre de paires de pôles = 1 \rightarrow Nombre de pôles = $2 \times p = \boxed{2 \text{ pôles}}$

1.5.2 Détermination du type du moteur [5]

Le type du nouveau moteur asynchrone triphasé ABB (voir annexe 1) suivant les informations précédentes c'est **M3BP 315 MLA 2** son code est 3GBP311410-••G avec une puissance de 200 kW. (Plage de 30 kW)

1. Son couple nominal = 640 N.m respecte la règle des couples :

$$\text{Couple nominal} > \text{couple résistant} : 640 \text{ Nm} > 567.63 \text{ Nm}$$

2. Classe d'isolation F

3. classe d'échauffement B

La classe d'isolation F avec l'échauffement B correspond aux exigences industrielles les plus fréquentes.

Puissance kW	Type de moteur	Code produit	Vi- tesse tr/min	Rendement CEI 60034-30-1; 2014			Fac- teur de puis- sance Cos φ	Courant Couple					Moment d'inertie J = 1/4 GD ² kgm ²	Masse kg	Niveau pression sonore L _{wa} dB
				Pleine charge 100 %	3/4 charge 75 %	1/2 charge 50 %		I _n	I _s /I _n	C _n Nm	C/C _n	C _v /C _n			
200	M3BP 315 MLA 2	3GBP311410**G	2980	95,7	95,7	94,9	0,90	335	7,7	640	2,6	3,0	2,10	1190	78
			3000 tr/min = 2 pôles	400 V 50 Hz			Conception CENELEC								

Figure 9 : Choix du moteur

4. Calcul de la puissance moyenne équivalente :

Le service choisi est le service continu S1 (annexe 2) avec un temps de démarrage de l'ordre 1s.
Le calcul de la puissance moyenne équivalente **Pst** est nécessaire pour vérifier le dimensionnement de moteur choisi. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{st} = \sqrt{\frac{n \times td \times \left[\frac{I_d}{I_n} \times P_n \right]^2 + (3600 - n \times td) \times P_u^2 \times F_{dm}}{3600}}$$

Il faut que : Puissance moyenne équivalente < puissance nominal

Données de l'annexe 2 :

1. F_{dm} = 1
2. n ≤ 6 on prend n = 6
3. td = 1 s

Données de l'annexe 1 :

$$\frac{I_d}{I_n} = \frac{I_s}{I_n} = 7,7 \text{ A}$$

$$P_n = 200 \text{ kW}$$

$$P_u = Cr1 \times \Omega 1 = 170 \text{ kW}$$

Avec :

F_{dm} : valeur de la marche à choisir

n : valeur du nombre de démarrages

td : temps de démarrage

I_d = I_s : courant de démarrage

I_n : courant nominal

P_n : puissance nominale du moteur choisie

Application numérique :

$$P_{st} = \sqrt{\frac{6 \times 1 \times [7,7 \times 200]^2 + (3600 - 6 \times 1) \times 170^2 \times 1}{3600}} = \boxed{181 \text{ kW}}$$

P_{st} = 181 kW < P_n = 200 kW → Le moteur choisi est donc satisfaisant.

1.6 Etude de l'emplacement du moteur [5]

Puisque la permutation des deux moteurs sera effectuée dans une cabine qui est déjà construite. Il est nécessaire de faire une étude sur les détails relatifs à l'emplacement du nouveau moteur pour éviter les problèmes possible lors de son installation.

1.6.1 Taille du moteur 315 ML

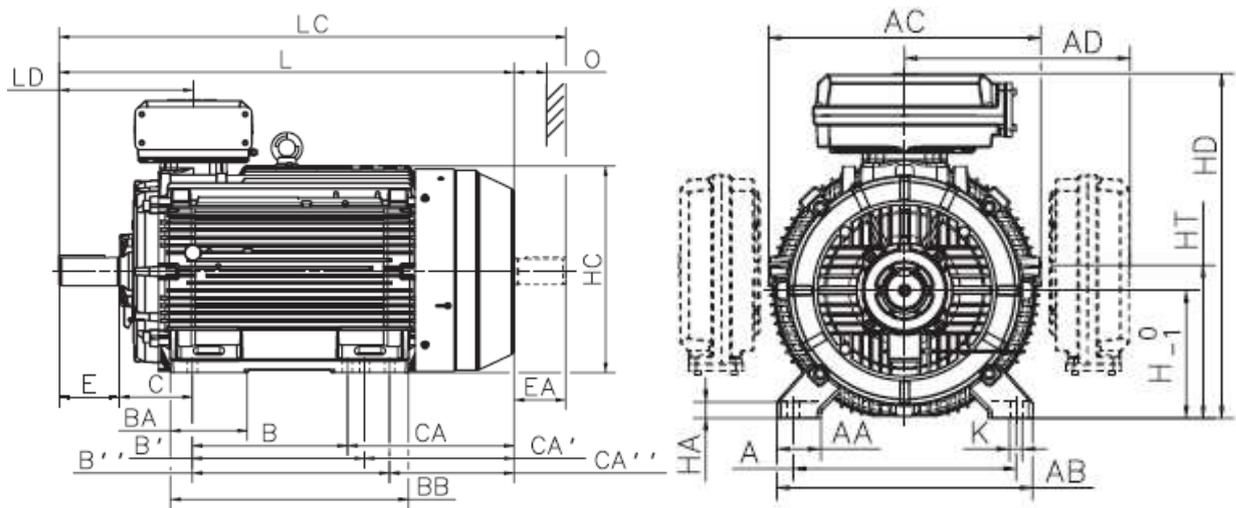


Figure 10 : Taille du moteur

1. Le moteur choisi en fonte à pattes, son taille est 280 – 315 (annexe 3).
2. Longueur globale LC : 1433 mm
3. Hauteur globale HD : 852 mm
4. Largeur globale AC : 654 mm

1.6.2 Les accessoires du moteur 315 ML

Pièces	Référence	Annexe
Boite à borne	370	4
Adaptateur optionnel	293	4
Boîte de jonction	278	4
Capot anti-bruit	tailles 280 – 450	5
Glissière	tailles 280 - 315	5

Tableau 1 : Accessoires du moteur

2. ETUDE DU VARIATEUR DE VITESSE

2.1 Introduction

L'utilisation croissante des variateurs de vitesse dans le milieu industriel est préférable dans le but de protéger les installations existantes contre les perturbations électriques. Pour cela, il est utile d'étudier le variateur, ses constitutions et son choix pour qu'on puisse commander convenablement le moteur choisi précédemment.

2.2 Principe de base du variateur de vitesse [6]

Le variateur de vitesse permet de contrôler la vitesse du moteur au-dessus et au-dessous de la vitesse nominale en changeant la fréquence de la tension d'alimentation en allant de ($f=0$ Hz) à la vitesse nominale du moteur ($f=50$ Hz).

Il est composé : (voir figure 11)

1. **d'un redresseur** qui est connecté à une alimentation triphasée qui génère une tension continue à ondulation résiduelle (le signal n'est pas parfaitement continu). Le redresseur peut être de type commandé ou pas.
2. d'un **circuit intermédiaire** agissant principalement sur le "lissage" de la tension de sortie du redresseur (améliore la composante continue). Il peut aussi servir de dissipateur d'énergie lorsque le moteur devient générateur, il est composé d'une Bobine de lissage "passe bas" (filtrage de basses fréquences), et d'un condensateur "passe haut" (filtrage des hautes fréquences) permettant de réduire l'ondulation résiduelle.
3. **d'un onduleur** qui engendre le signal de puissance à tension et/ou fréquence variables.

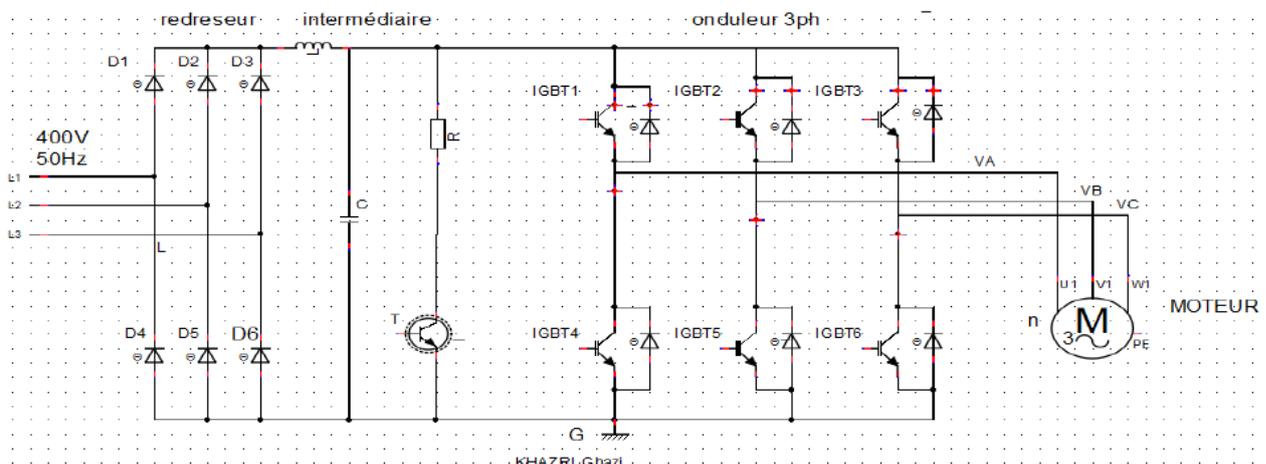


Figure 11 : Schéma du variateur de vitesse

2.2.1 Le redresseur

C'est un convertisseur destiné à alimenter une charge qui nécessite de l'être par une tension ou un courant continu à partir d'une source alternative. L'alimentation est la plupart du temps, un générateur de tension. Cette opération se réalise par l'utilisation :

- Soit d'un pont de diodes, le redresseur est « non-commandé »
- Soit d'un pont de thyristors, alors le redresseur est « commandé »

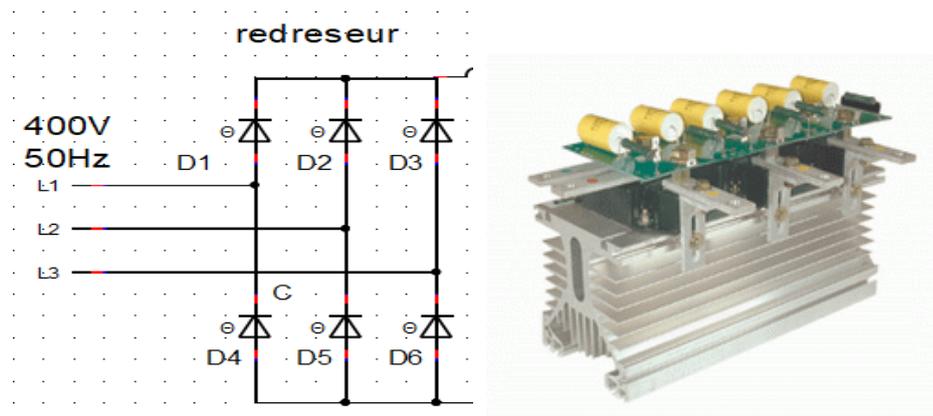


Figure 12 : Schéma du redresseur

2.2.2 Le circuit intermédiaire

Il peut aussi servir à :

1. Découpler le redresseur de l'onduleur.
2. Réduire les harmoniques.
3. Stocker l'énergie.
4. Permettant de réduire l'ondulation résiduelle

La bobine et le condensateur travaillent ensemble pour fournir à la charge la tension la plus linéaire possible.

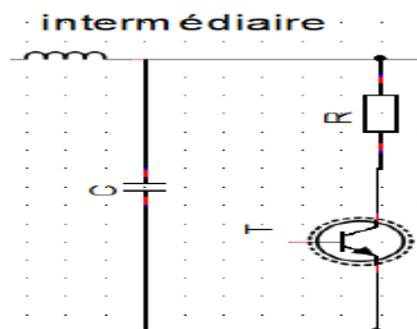


Figure 13 : Schéma intermédiaire

2.2.3 Etude de l'onduleur

L'onduleur constitue la dernière partie du variateur de vitesse. Il s'agit d'un convertisseur statique continu-alternatif (DC/AC), permettant de fabriquer une source de trois tensions alternatives à partir d'une source de tension continue.

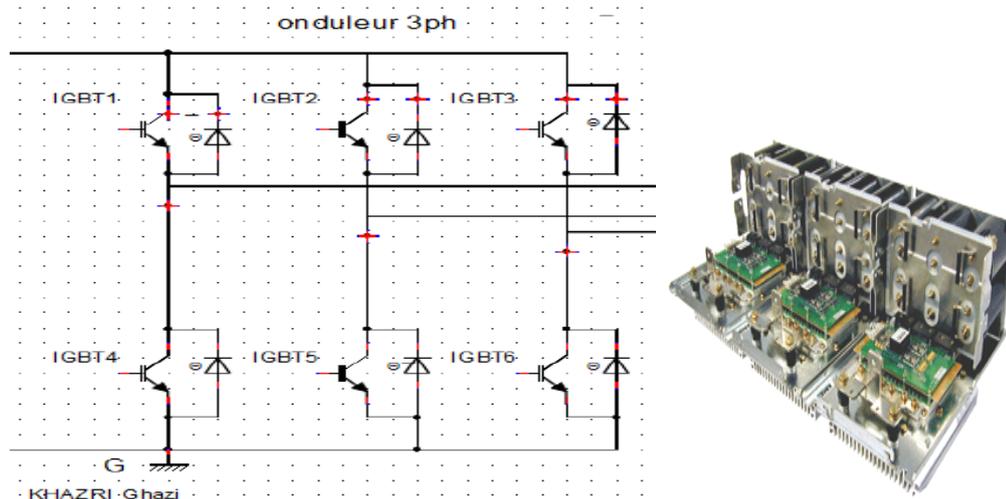


Figure 14 : Schéma de l'onduleur triphasé

Il est constitué d'une source de tension continue et de six interrupteurs IGBT monté en pont (Figure 14). La tension continue est généralement obtenue par le redresseur triphasé à diodes suivi d'un filtrage par le circuit intermédiaire.

L'onduleur est très utilisé en commande à MLI pour l'alimentation des récepteurs triphasés équilibrés à tension et fréquence variables. Elle consiste à changer la largeur des impulsions de tension de sortie avec des commandes appropriées des interrupteurs à semi-conducteurs.

Les trois tensions de sortie est formé d'une onde bistable prenant les valeurs $-E$ et $+E$ et décalées de $\frac{2\pi}{3}$ l'une par rapport à l'autre.

La figure suivante explique la manière de fonctionnement d'un onduleur triphasé :

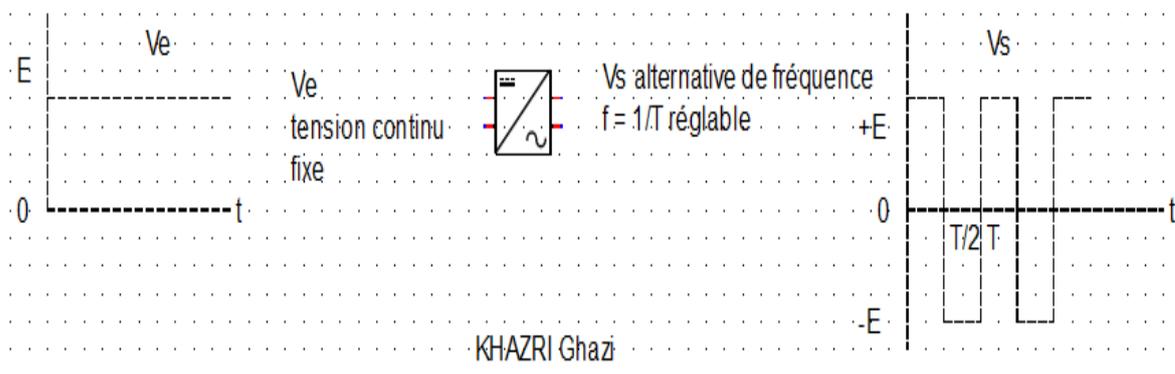


Figure 15 : Principe de fonctionnement de l'onduleur triphasé

2.3 Modélisation de l'onduleur triphasé

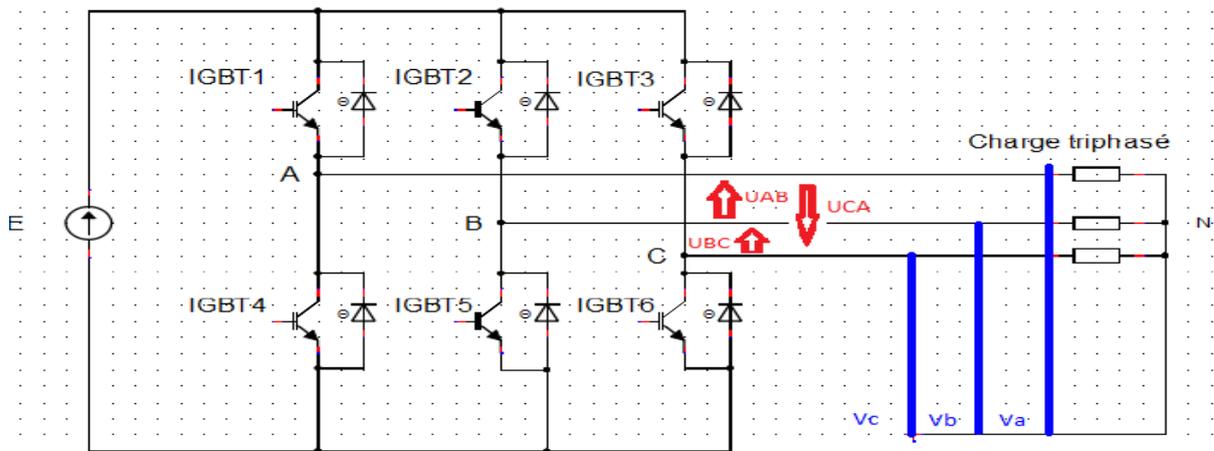


Figure 16 : Modélisation de l'onduleur triphasé

Dans le circuit de puissance de l'onduleur triphasé de la figure 16, les IGBT sont commandés pendant une durée correspondant à un tiers de période.

1. Tension composée :

Les tensions V_{AN} , V_{BN} , V_{CN} mesurées entre les points A, B, C et le point milieu sont alors les tensions délivrées par les onduleurs monophasés. On peut alors déterminer l'allure des tensions composées en tenant compte des relations suivantes :

$$u_{AB} = V_{AN} - V_{BN}$$

$$u_{BC} = V_{BN} - V_{CN}$$

$$u_{CA} = V_{CN} - V_{AN}$$

2. Tension simples :

Au niveau de la charge on peut déduire les relations donnant les expressions des tensions simples :

$$u_{AB} = V_a - V_b$$

$$u_{BC} = V_b - V_c$$

$$u_{CA} = V_c - V_a$$

En effectuant la différence membre à membre entre la première et la troisième relation :

$$u_{AB} - u_{CA} = v_a - v_b - (v_c - v_a)$$

$$u_{AB} - u_{CA} = 2v_a - (v_b - v_c)$$

$$u_{AB} - u_{CA} = 3v_a$$

D'où l'expression de la première tension simple :

$$v_a = \frac{1}{3} (u_{AB} - u_{CA})$$

En effectuant une permutation circulaire des indices A, B, C, on établit les expressions des deux autres tensions simples :

$$v_b = \frac{1}{3} (u_{BC} - u_{AB})$$

$$v_c = \frac{1}{3} (u_{CA} - u_{BC})$$

2.4 Les fonctions du variateur de vitesse

1. **Démarrage** : le moteur passe de la vitesse nulle jusqu'à sa vitesse établie en un temps prédéfini et en évitant les points d'intensité.
2. **La variation de vitesse** : modification de la fréquence de rotation du moteur par accélération ou décélération en un temps donné.
3. **La régulation** : la fréquence de rotation du moteur est maintenue constante quelles que soient les fluctuations de la charge (dans certaines limites).
4. **Le freinage** : le moteur passe d'une vitesse établie à une vitesse inférieure (ralentissement) ou à la vitesse nulle (arrêt) avec maintien en position possible.
5. **L'inversion du sens de marche** (c'est à dire sens de rotation) : permet de faire fonctionner la machine asynchrone dans les deux sens de rotation.
6. **La récupération d'énergie** : permet lors d'un ralentissement ou d'un freinage des systèmes de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique.

2.5 Avantages et inconvénients du variateur de vitesse

1. Les avantages du variateur de vitesse sont :

- Démarrage progressif de moteur réduisant les chutes de tension dans le réseau et limitant les courants de démarrage.
- Précision accrue de la régulation de vitesse.
- Economie d'énergie : diminution de la consommation d'électricité.

2. Les principaux inconvénients sont :

- Perturbation de réseau (les harmoniques) : les IGBT forment une charge non linéaire qui engendre des courants harmoniques, sources de distorsion de l'onde (chute ou perturbation de la tension) dans le réseau électrique.
- Câblage plus complexe
- Le cout élevé

2.6 Facteurs du choix du variateur de vitesse

2.6.1 Facteurs techniques

Parmi les principaux facteurs techniques de choix figurent :

1. La puissance et la vitesse nominales du moteur (200 kW - 3000 tr/min)
2. Le régime d'utilisation (utilisation en régime permanent)
3. Le type de machine entraînée (inertie, caractéristique de couple résistant selon la vitesse).
4. La précision de contrôle du couple et de vitesse.
5. La tension du réseau d'alimentation triphasé (400 V)
6. Les contraintes d'installation (place disponible, degrés de protection, etc...)
7. Le domaine de fonctionnement dans le plan puissance- vitesse (quadrant1).

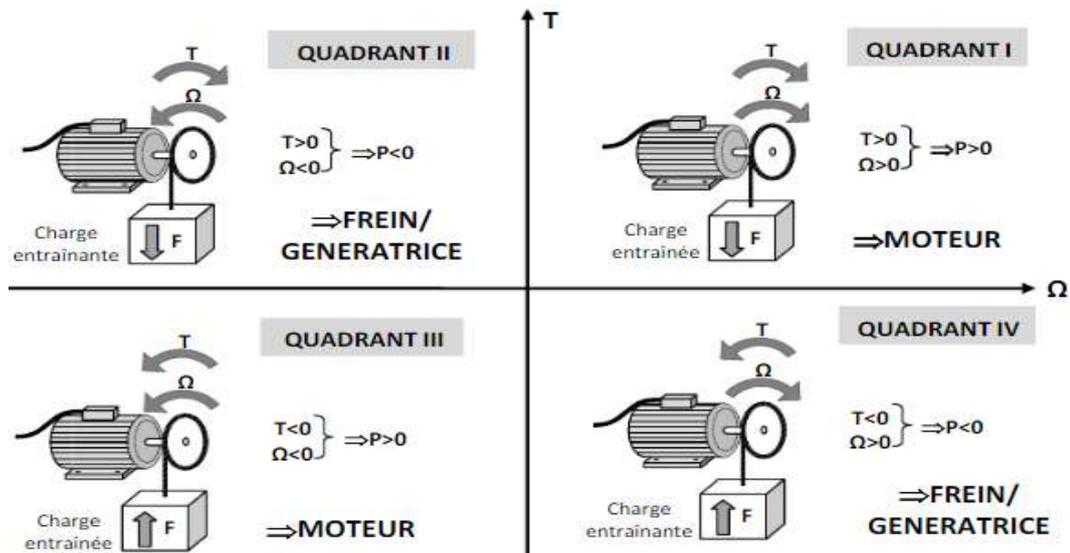


Figure 17 : Quadrant de fonctionnement de la machine asynchrone

2.6.2 Facteurs économiques

1. Un critère essentiel est bien sûr le coût total d'investissement de l'entraînement comprenant le coût du variateur, du moteur et de leur installation.
2. Le coût d'exploitation de l'entraînement (maintenance, coût d'indisponibilité, pertes énergétiques) est un critère économique supplémentaire de choix.

2.7 Choix du variateur [5]

Le variateur choisi est de type ABB industrial drive (Voir annexe 6), ce type regroupe des variateurs de fréquence offrant une adaptabilité totale aux besoins de l'usine. Couvrant une large plage de puissances et de tensions (jusqu'à 690 V). D'après les facteurs techniques étudiés dans (2.6) et des études concernant le catalogue de fournisseur, le variateur qui sera choisi est de la gamme ACS800-01.

2.7.1 Caractéristiques techniques générales

L'ACS800-01 est un variateur complet et compact en coffret pour montage mural couvrant des puissances jusqu'à 200 kW ce qui est satisfaisant pour le moteur choisi. (Voir annexe 6)

1. Puissance / tension : 0,55 à 200 kW, 230 à 690 V
2. Coffret 6 pulses en montage mural, protection IP21 en standard (UL type 1), IP55 en option (UL type 12)
3. Self réseau intégrée pour le filtrage des harmoniques
4. Performances et capacité de surcharge élevées dans toutes les applications
5. Variateur fiable et complet

6. Assistant de mise en service
7. Options livrées montées dans le variateur
8. Modules d'extension d'E/S
9. Modules coupleurs réseau
10. Module interface codeur et module liaison optique
11. Filtre RFI, hacheur de freinage
12. Exécution certifiée Marine

2.7.2 Caractéristiques techniques spécifiques CEI [7]

La gamme ASC800-01 contient plusieurs tailles des variateurs, il faut limiter l'intervalle de choix. (Voir annexe 7)

Le meilleur taille que je vais choisir c'est **ASC800-01-0255-5**.

1. Puissance nominale 200 kW.
2. Tension d'alimentation triphasée 380 V, 400 V, 415 V, 440 V, 460 V, 480 V.
3. Taille R6
4. Débit d'air 405 m³/h
5. Dissipation thermique 4500 L
6. Courant nominal : 290 A

2.7.3 Dimensions

Les dimensions de variateur ASC800-01-0255-5 de taille R6 sont : (voir annexe 8)

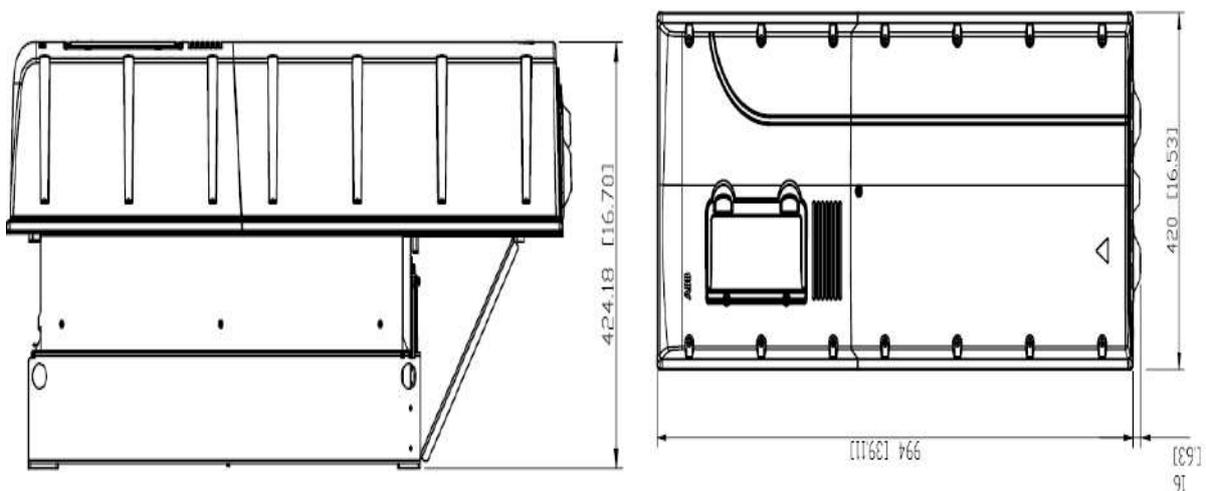


Figure 18 : Dimensions du variateur

1. Hauteur global : 994 mm
2. Largeur globale : 424.18 mm
3. Profondeur : 399 mm

→ Le prix de ASC800-01-0255-5 est : 100.000 \$ USD \approx 252.600 TND

2.7.4 Les normes d'installation

Le variateur doit être monté en position verticale, avec le ventilateur côté mur. Ce mur de fixation doit être aussi d'aplomb que possible, en matériau ininflammable et suffisamment solide pour supporter le poids de l'appareil puis il faut vérifier que l'état du mur permet le montage de l'appareil. La surface (sol) sous l'appareil doit être aussi en matériau ininflammable.

Lors de l'installation, il faut respecter les distances de dégagement préconisées pour une bonne circulation de l'air de refroidissement et pour faciliter l'entretien et la maintenance sont indiquées ci dessous en millimètres.

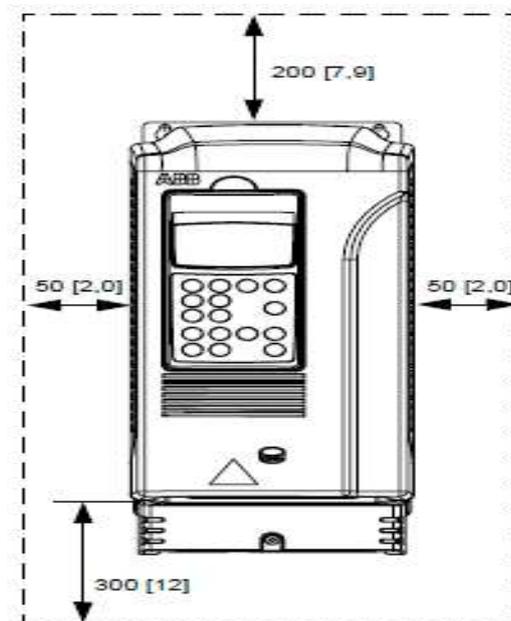


Figure 19 : Normes d'installation du variateur

3. CONCLUSION

Ce chapitre, m'a permis d'une part de présenter la modélisation de la machine asynchrone à travers un modèle mathématique simple, celui-ci m'a conduit à déterminer son type, son dimensionnement. D'autre part de présenter le modèle du variateur, son principe de fonctionnement, son type, ses détails, ces avantages, ces inconvénients et les normes d'installation.

Le chapitre suivant sera consacré à la simulation du variateur de vitesse ainsi que ses différentes commandes.

CHAPITRE III :

SIMULATION DU VARIATEUR DE VITESSE



INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est de simuler les étages du variateur de vitesse alimentant le moteur asynchrone triphasé en utilisant deux commandes : la pleine onde 180° et la MLI.

1. PRESENTATION DU LOGICIEL « PSIM » [8]

PSIM est un logiciel de simulation pour l'électrotechnique et l'électronique de puissance. Ce logiciel permet de dessiner le schéma du montage à partir des éléments de la bibliothèque (Machines, transformateurs, interrupteurs électroniques, éléments de commande et de contrôle). Les appareils de mesure disposés sur le schéma de montage définissent les courbes représentatives des grandeurs électriques et mécaniques que l'on peut obtenir après simulation.

2. SIMULATION DU SYSTEME : VARIATEUR DE VITESSE AVEC MOTEUR

Le réglage de la vitesse du rotor d'une machine asynchrone se réalise par l'action sur la fréquence et la tension (ou le courant) statoriques. Par conséquent, pour se donner les moyens de cette action, il faut disposer d'une source d'alimentation capable de délivrer une tension d'amplitude et de fréquence réglable en valeur instantanée.

La figure suivante présente la structure d'un variateur de vitesse mettant en œuvre une machine asynchrone alimentée par un onduleur de tension :

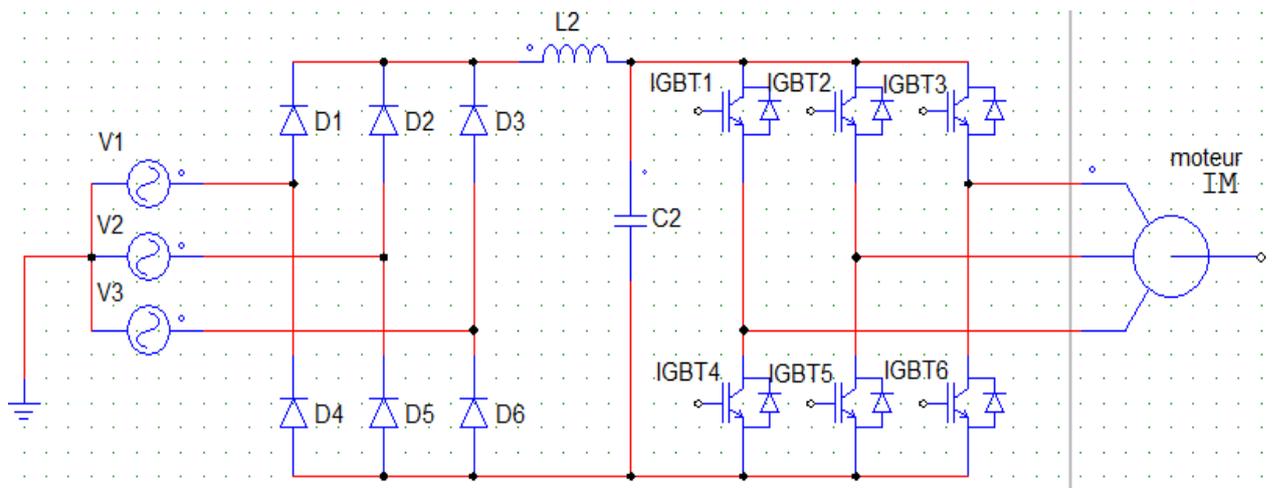


Figure 20 : Variateur de vitesse du moteur asynchrone triphasé

Les ordres d'activations des six interrupteurs à semi-conducteurs de l'onduleur sont générés par un système de commande. Le système d'alimentation est composé :

- D'un redresseur
- D'un filtre
- D'un onduleur

2.1 Réseau d'alimentation du variateur de vitesse

Le variateur de vitesse est alimenté par un système de tension triphasé équilibré. Ce système à une amplitude égal à $230 \times \sqrt{2}$ et une fréquence égal à 50 Hz.

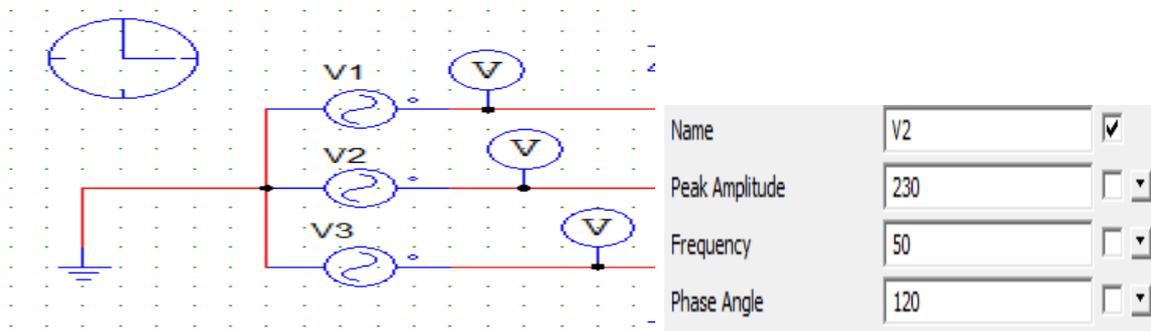


Figure 21 : Réseau triphasé équilibré

1. $V1 = V_m \sin(\omega t)$
2. $V2 = V_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$
3. $V3 = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$

J'obtiens les courbes des signaux des tensions V1, V2 et V3 dans la figure ci-dessous :

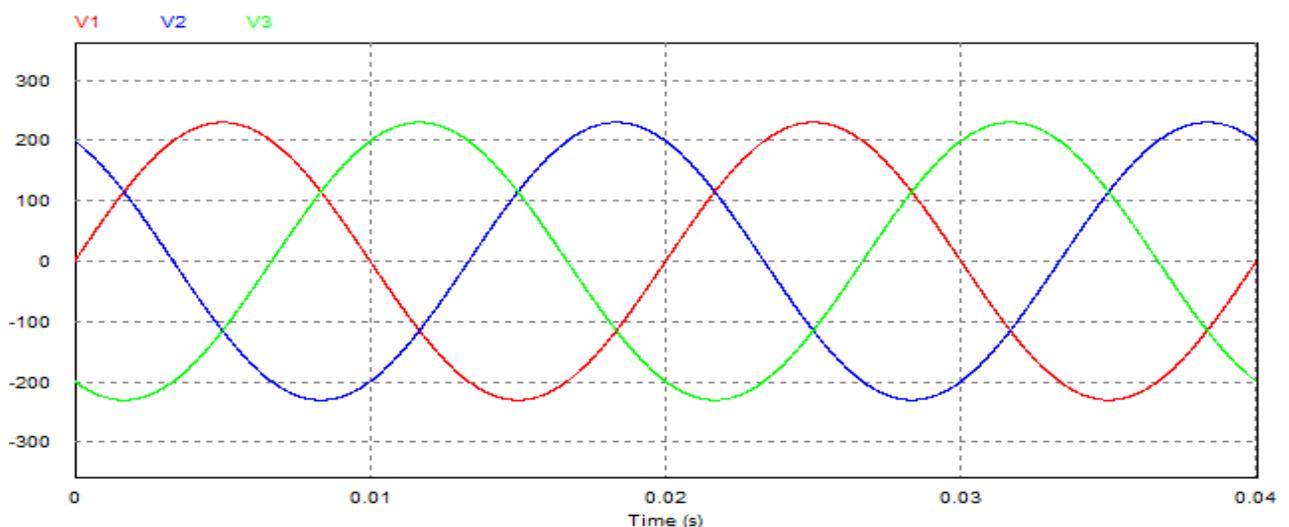


Figure 22 : Les signaux des tensions V1, V2, V3

2.2 L'étage redresseur

Cet étage est constitué par un PD3 tous diodes, permet la conversion de la tension alternative en continue « AC/DC » comme il est présenté dans la figure suivante :

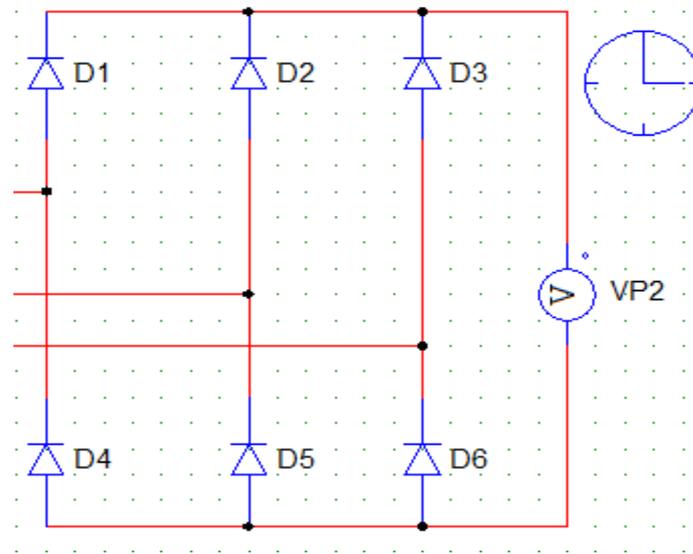


Figure 23 : Redresseur

À la sortie du redresseur, la visualisation de la tension est simulée dans la figure suivante :

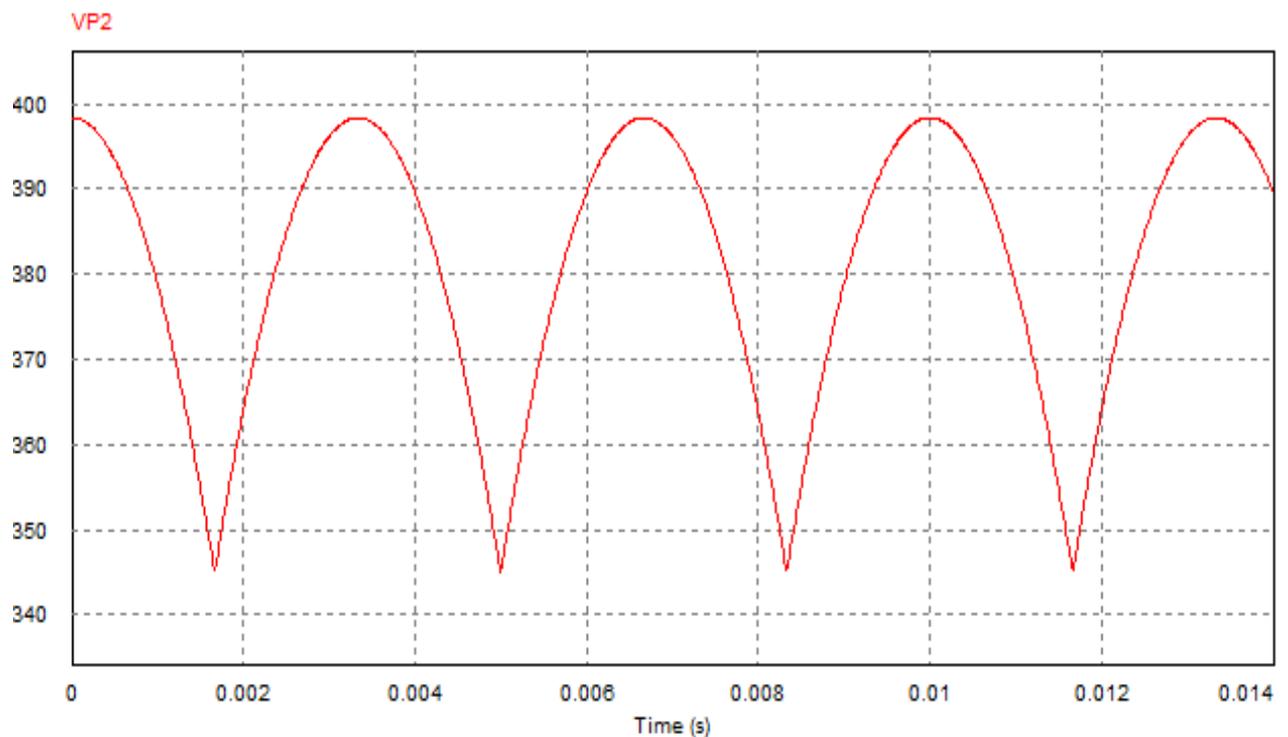


Figure 24 : Réponse de la tension redressée

La tension redressée est ondulée, ce qui nécessite une opération de filtrage.

2.3 L'étage de filtrage

À la sortie du redresseur, un filtre de type LC du deuxième ordre dont le rôle est de réduire les termes harmoniques produits par le découpage de l'onduleur et de filtrer les perturbations issues de la caténaire, et aussi de filtrer la tension de sortie du pont redresseur.

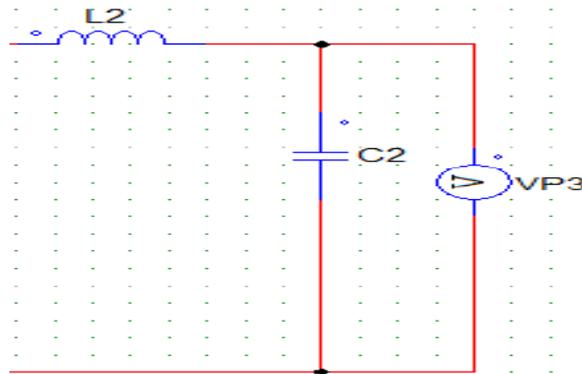


Figure 25 : Filtre type LC

La visualisation de la tension de sortie est simulée dans la figure suivante :

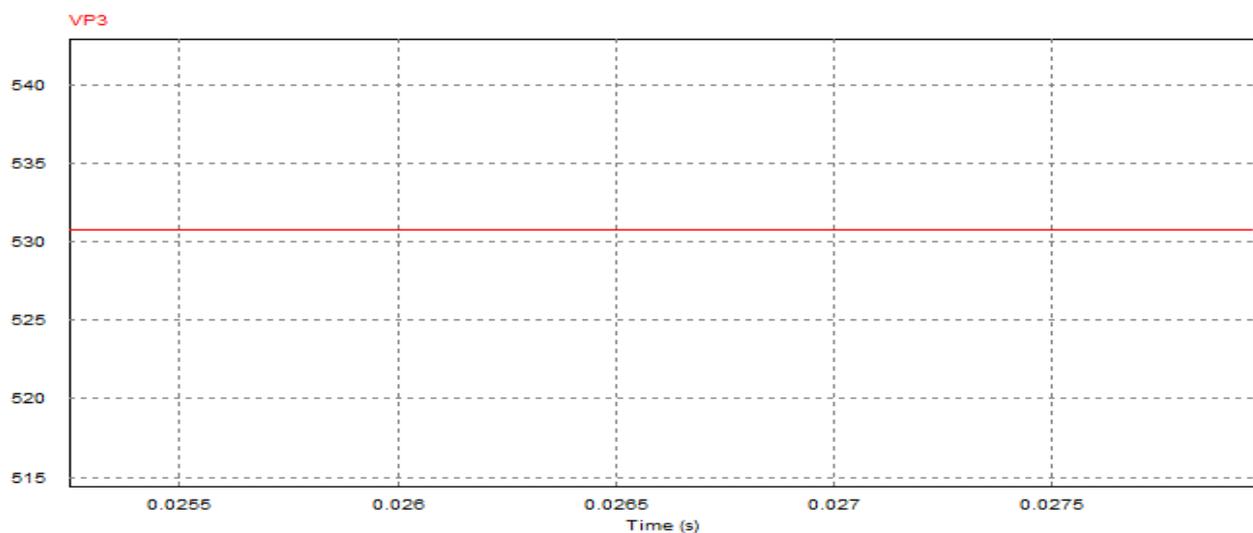


Figure 26 : Simulation de la tension filtrée

2.4 L'étage onduleur

L'onduleur de tension transforme en tension alternative triphasée une tension continue. Il impose une forme de tension déterminée à la machine quel que soit le courant absorbé, et travaille en commutation forcée. Une commande adéquate appliquée à l'onduleur ce qui lui permet de régler la fréquence et l'amplitude des grandeurs de sortie.

Plusieurs types des commandes se différencient par les manières d'élaborer la séquence de commande des interrupteurs, et de régler la fréquence de la tension à la sortie de l'onduleur pour alimenter la machine asynchrone. Dans ce qui suit, deux techniques de commande sont envisagées : la pleine onde (180°) et la MLI.

2.4.1 Commande pleine onde (180°)

La commande en pleine onde est une commande classique souvent utilisée pour la commande des onduleurs.

1. Présentation du système d'étude

La figure 27 donne le schéma de principe en PSIM du système d'étude. Ce dernier est un variateur de vitesse alimentant le moteur. Cette figure montre aussi l'étage de commande pleine onde de l'onduleur. Les interrupteurs de puissance de type IGBT conduit de façon à ce que :

- À tout instant trois interrupteurs sont en état de conduction, et les autres sont bloqués.
- Deux interrupteurs dans un même bras doivent être commandés de façon complémentaire afin de ne pas court-circuiter la source de tension d'où le rôle d'étage d'interface.

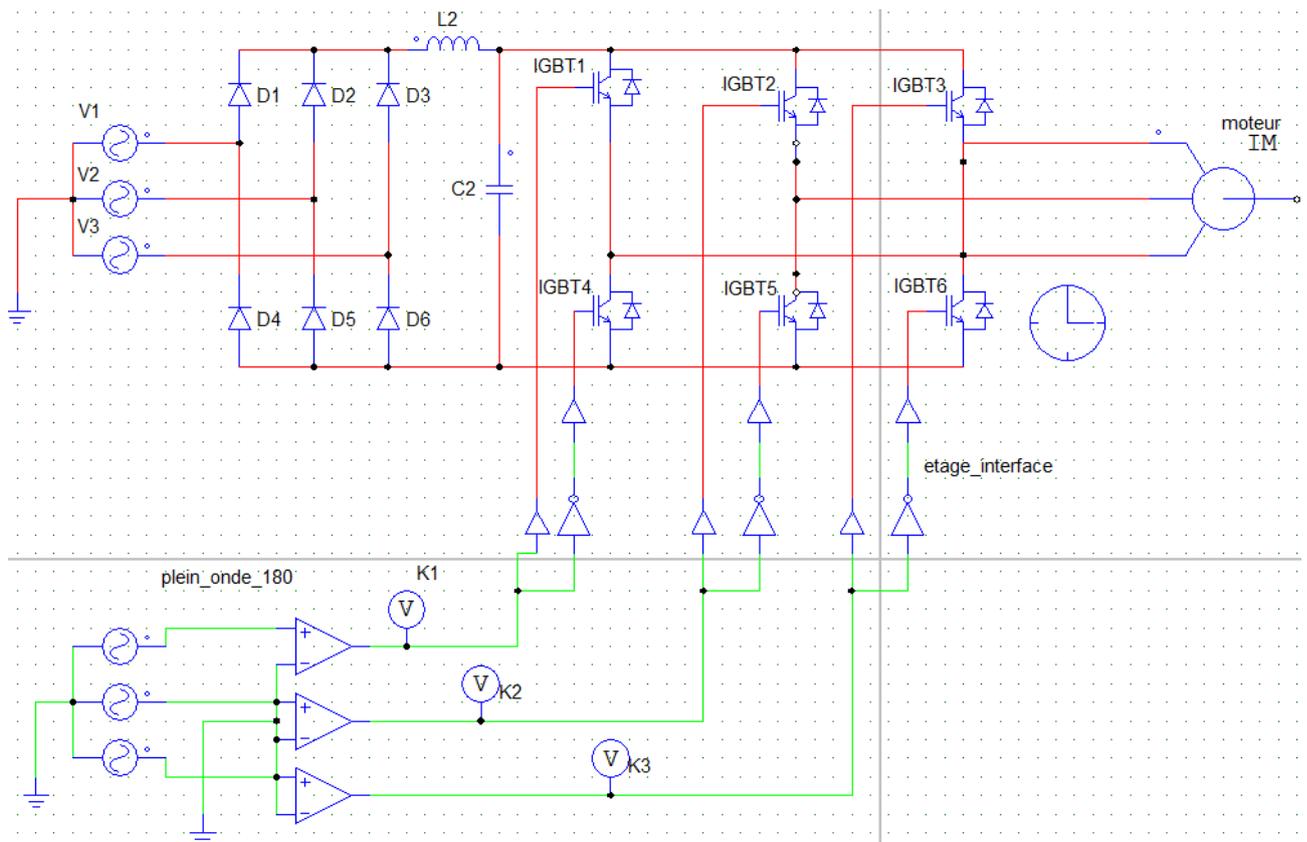


Figure 27 : Schéma de principe du moteur commandé en pleine onde

Dans la commande pleine onde (180°) les interrupteurs commandés pendant une durée correspondant à une demi-période, chaque transistor conduit pendant 180°.

Pour illustrer ce fonctionnement, je compare un système de tension triphasé équilibré à la masse (0V), par la suite à la sortie des comparateurs, je trouve 3 signaux de commande $K1$, $K2$ et $K3$ de façon à ce que deux transistors dans un même bras sont amorcés à 180° de décalage. Les transistors du bras voisin sont amorcés à 120° de décalage. Cette stratégie de commande est exposée dans la figure 28 sur deux périodes.

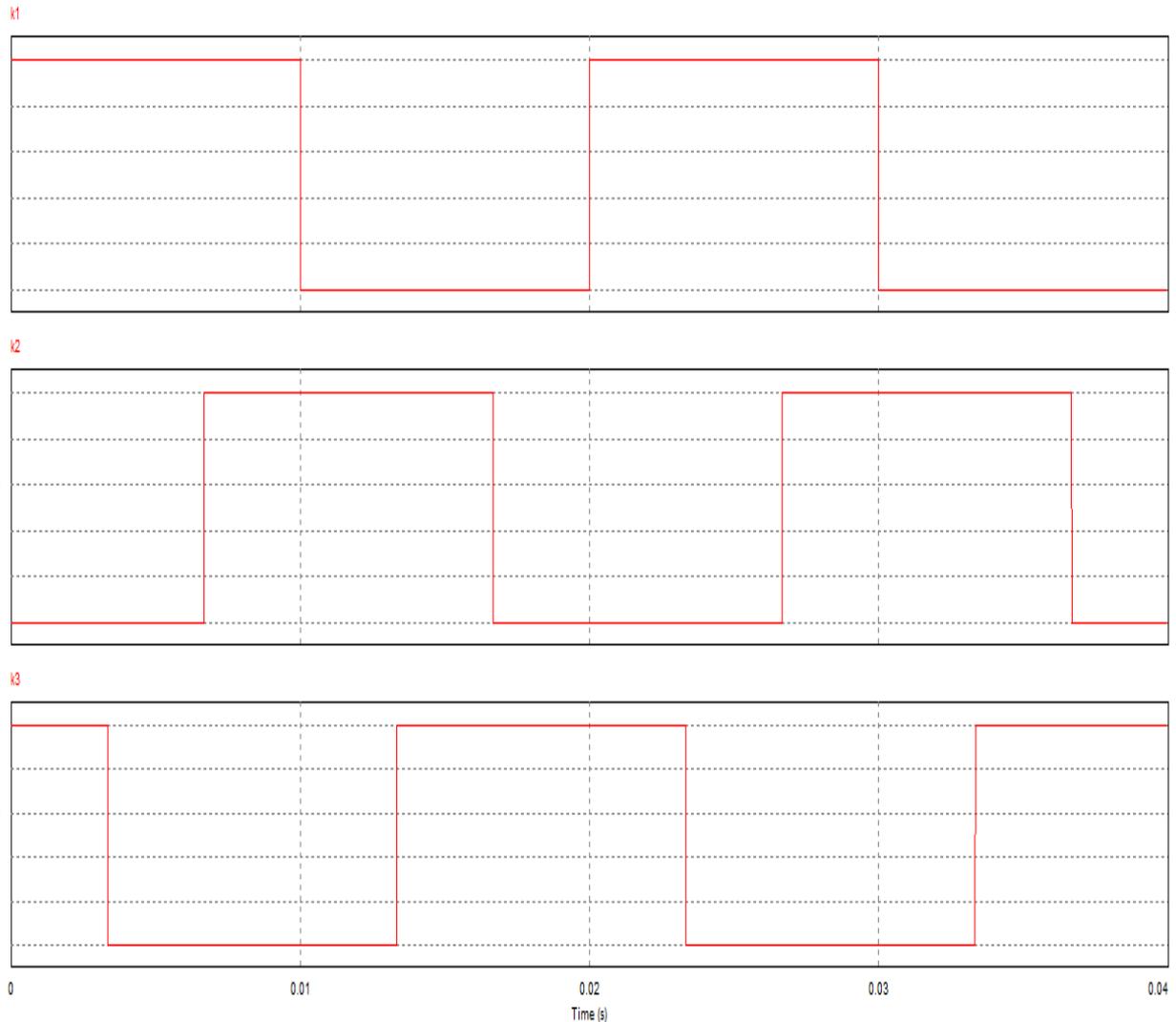


Figure 28 : Les signaux de commande $k1$, $k2$, $k3$

2. Allures des tensions composées

Dans une deuxième étape, je relève les formes d'ondes des tensions composées $U12$, $U23$ et $U31$ en fonction des signaux de commande $K1$, $K2$ et $K3$. Je branche des voltmètres entre les phases pour mesurer $U12$, $U23$ et $U31$ (voir figure 29).

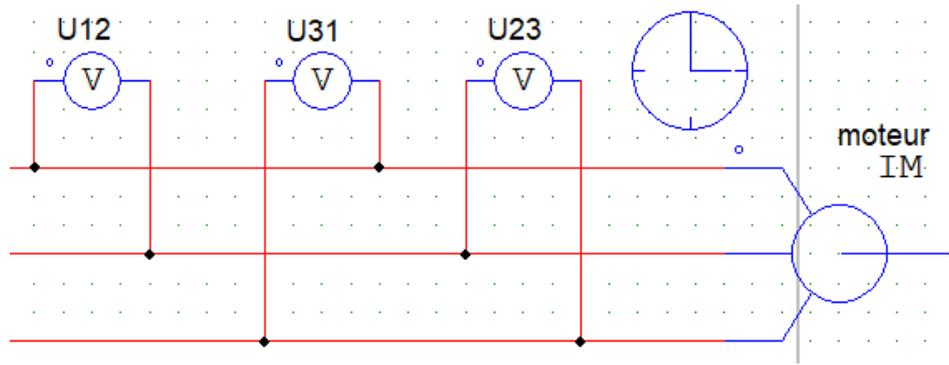


Figure 29 : Branchement des voltmètres entre phases

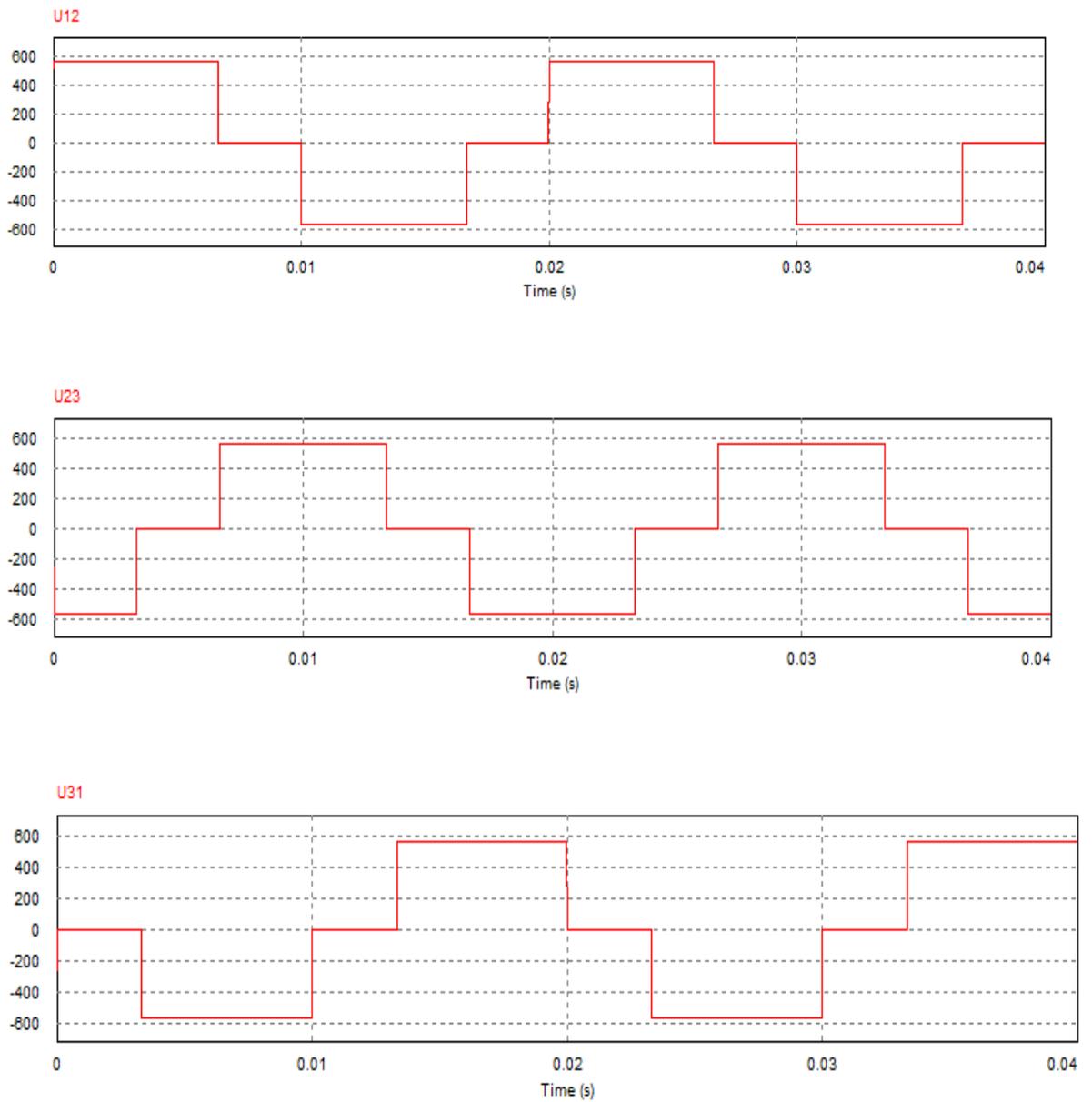


Figure 30 : Les tensions composées U12, U23, U31

La figure 30 montre les formes d'ondes des termes composés, les tensions obtenues ne sont pas sinusoïdaux, elles ont une forme rectangulaire pleine d'harmoniques varient entre $+V_{dc}$, 0 , $-V_{dc}$. Il convient alors d'employer un filtre pour extraire son fondamental ayant la même fréquence.

Le tableau suivant est obtenu à partir des allures des tensions composées U_{12} , U_{23} et U_{31} et des signaux de commande K_1 , K_2 et K_3 .

K1	K2	K3	U12	U23	U31
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	$-V_{dc}$	$+V_{dc}$
0	1	0	$-V_{dc}$	$+V_{dc}$	0
0	1	1	$-V_{dc}$	0	$+V_{dc}$
1	0	0	$+V_{dc}$	0	$-V_{dc}$
1	0	1	$+V_{dc}$	$-V_{dc}$	0
1	1	0	0	$+V_{dc}$	$-V_{dc}$
1	1	1	0	0	0

Tableau 2 : Les tensions composées et signaux de commande

3. Allures des tensions simples

Pour simuler les tensions simples V_{1n} , V_{2n} et V_{3n} , je vais placer les voix par chaque phase.

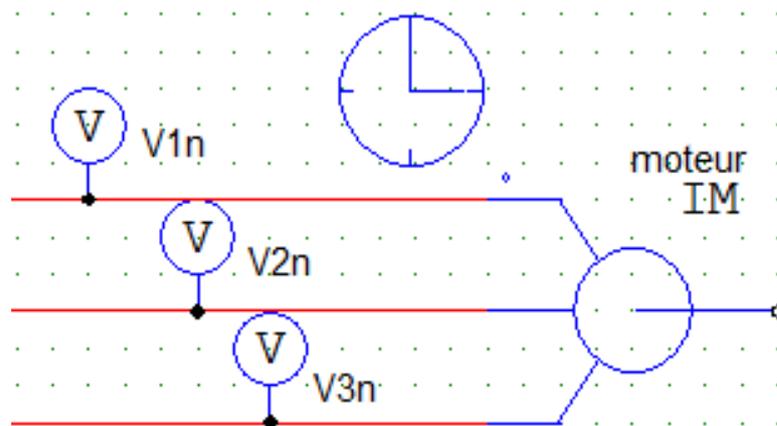


Figure 31 : Branchements des voltmètres sur les phases

La figure 32 montre la simulation des tensions simples. Sur ces chronogrammes je vois que les trois tensions simples ont une forme en marches d'escalier d'amplitude $2/3 * V_{dc}$ et de période T égale à celles des tensions composées. L'angle de déphasage qu'elles présentent entre elles deux est égal à 120° .

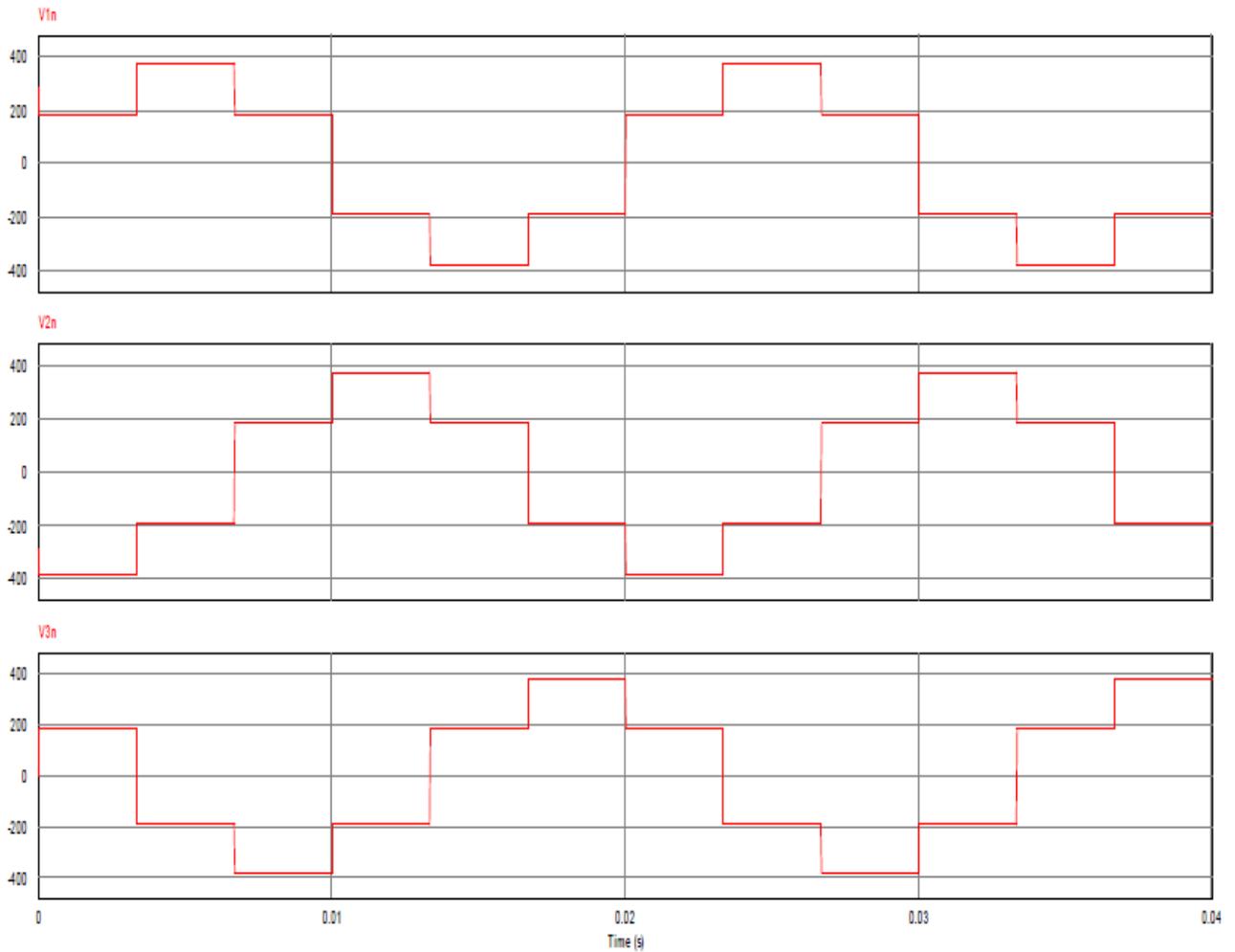


Figure 32 : Les tensions simples $V1n$, $V2n$, $V3n$

Je constate d'après les allures des tensions simples et composées qu'un onduleur triphasé piloté par une commande à 180° permet d'un réglage de fréquence des tensions composées et simples, mais le réglage des valeurs efficaces ne peut être réalisé.

Les allures des courants statoriques $i1$, $i2$ et $i3$ sont présentés dans la figure 34.

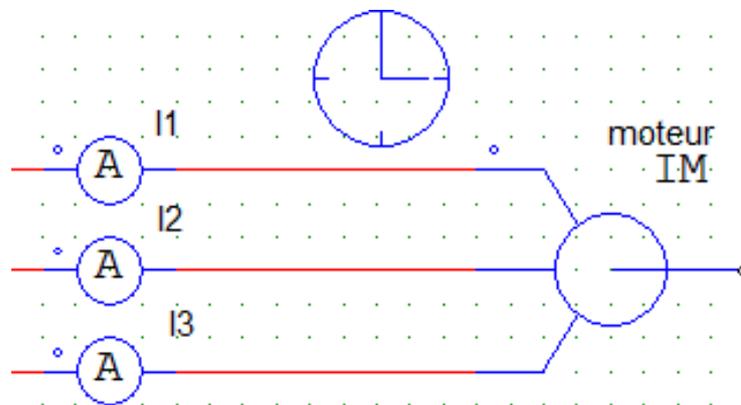


Figure 33 : Branchement des ampèremètres

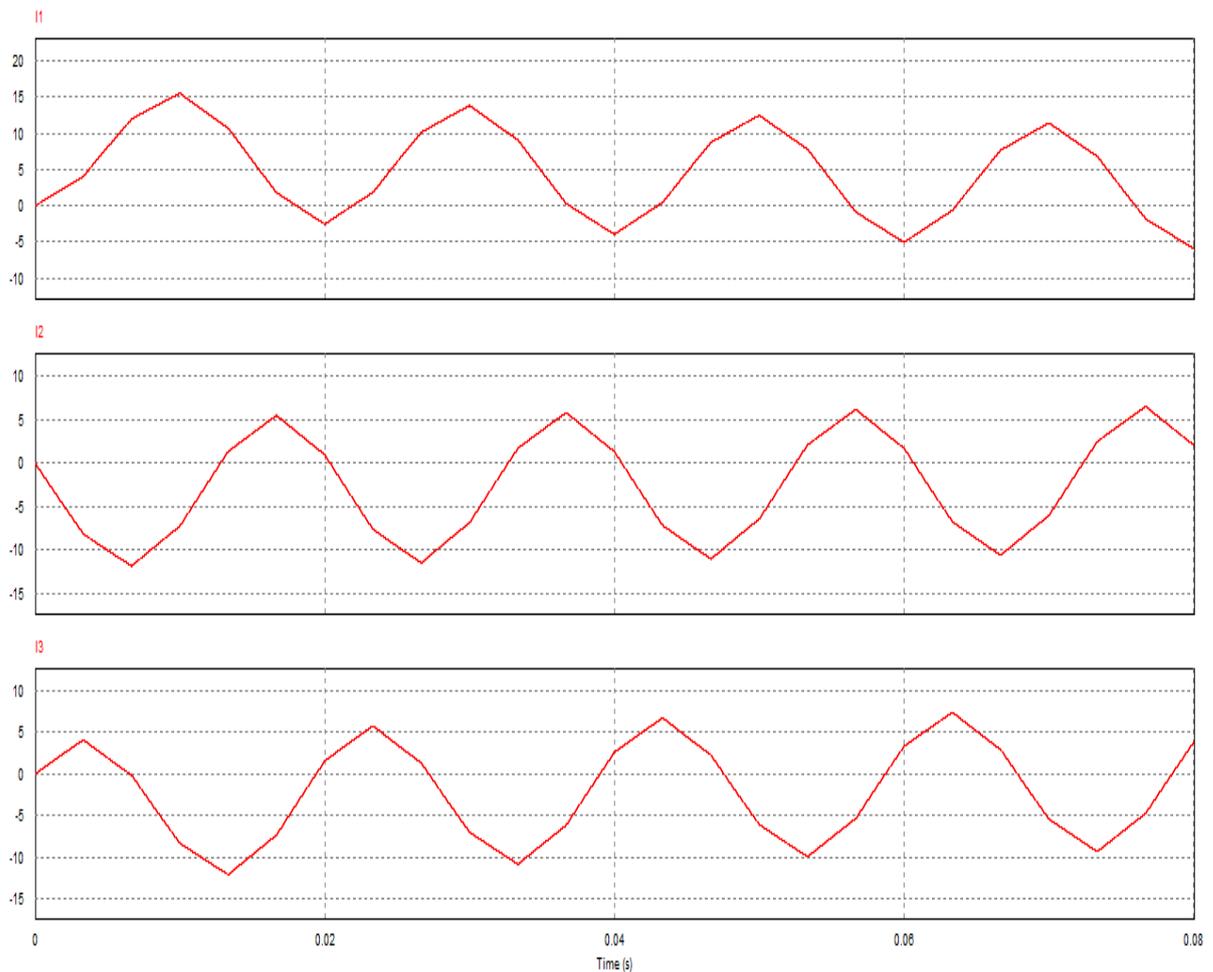


Figure 34 : Allures des courants I_1 , I_2 , I_3

La forme d'onde des courants statoriques n'est pas sinusoïdale, elle présente des harmoniques. L'opération de filtrage n'est pas assez aisée pour ce type de structure : les harmoniques ne sont pas assez repoussés du terme fondamental. Ceci oblige à utiliser des filtres à ordre élevé ce qui n'est pas facile à mettre en œuvre. C'est pourquoi je recour à une autre technique qui est la modulation de largeur d'impulsion MLI.

2.4.2 Commande MLI d'une machine asynchrone

La stratégie MLI permet d'imposer à la machine des ondes de tensions à amplitudes et fréquences variables à partir du réseau standard. La commande MLI plus répandue est appelée sinus-triangle. Cette technique repose sur la comparaison d'un signal haute fréquence appelée porteuse avec un signal de basse référence (voir figure 35), l'image de la tension désirée à la sortie du convertisseur tout en éliminant les harmoniques.

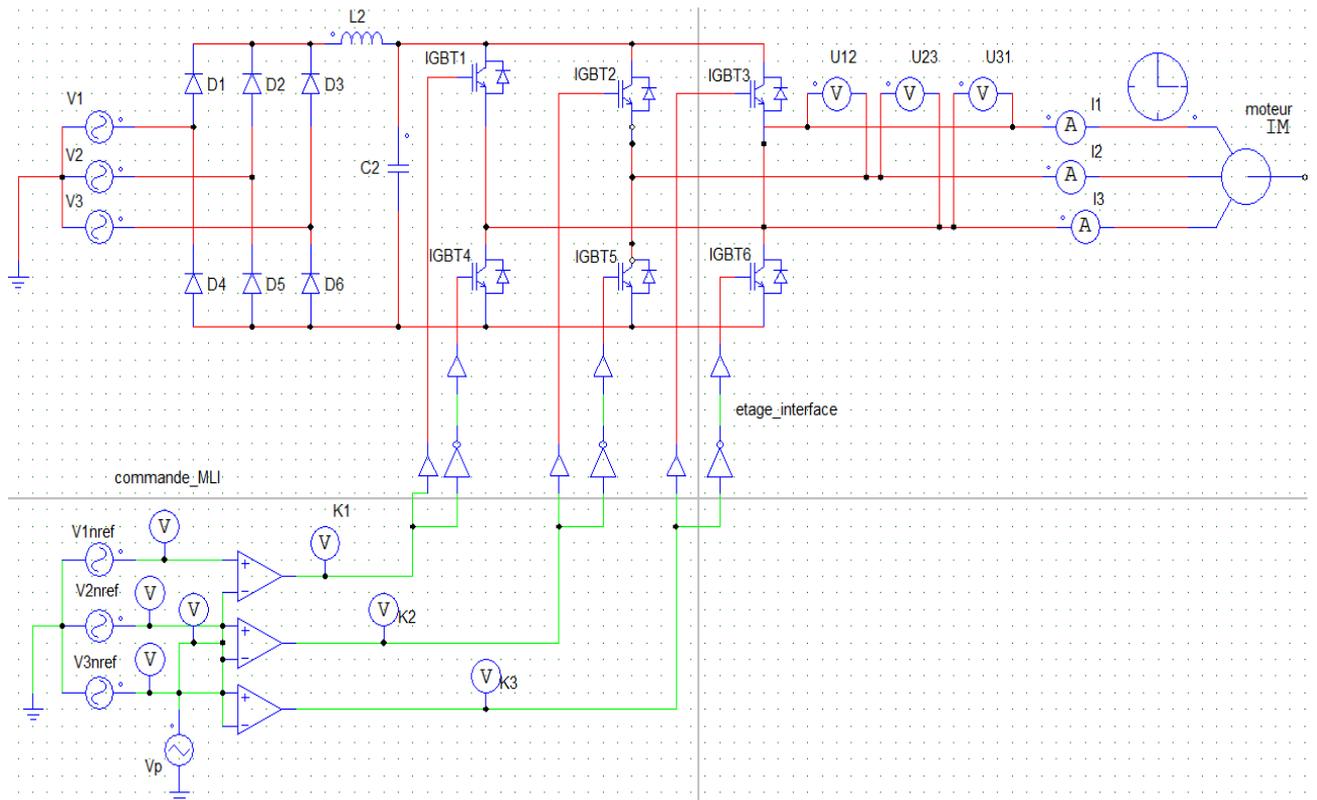


Figure 35 : Schéma du principe du moteur avec commande MLI

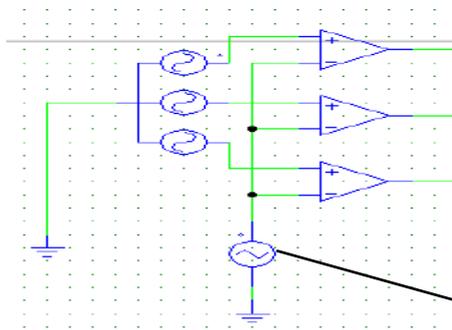


Figure 36 : Porteuse triangulaire haute fréquence

Le signal de la porteuse est présenté dans la figure 37 tandis que les tensions de références sont présentées dans la figure 38.

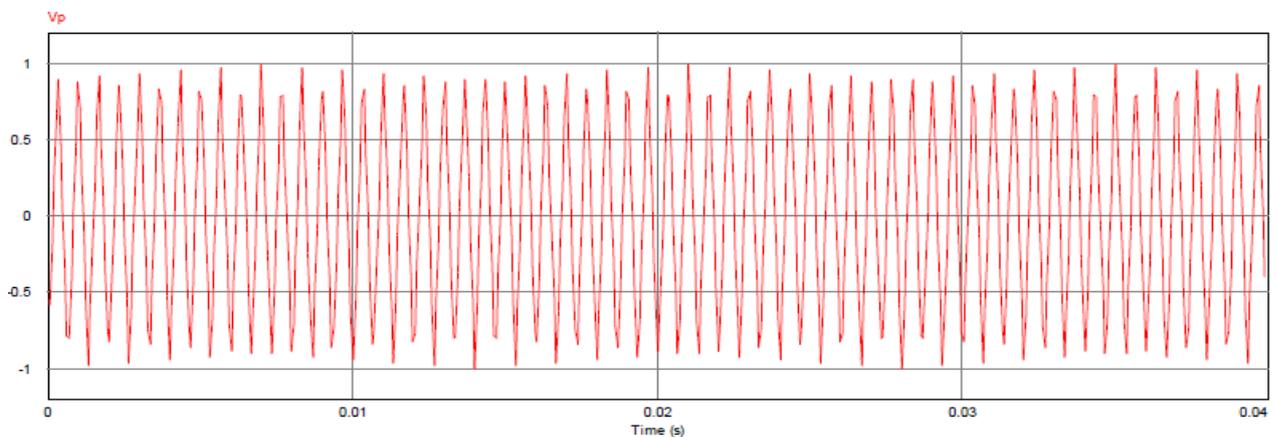


Figure 37 : Simulation de la porteuse

Les allures des tensions $V1nréf$, $V2nréf$ et $V3nréf$ de références appelées modulantés déphasés de $\frac{2\pi}{3}$ à la même fréquence f sont données dans la figure suivante.

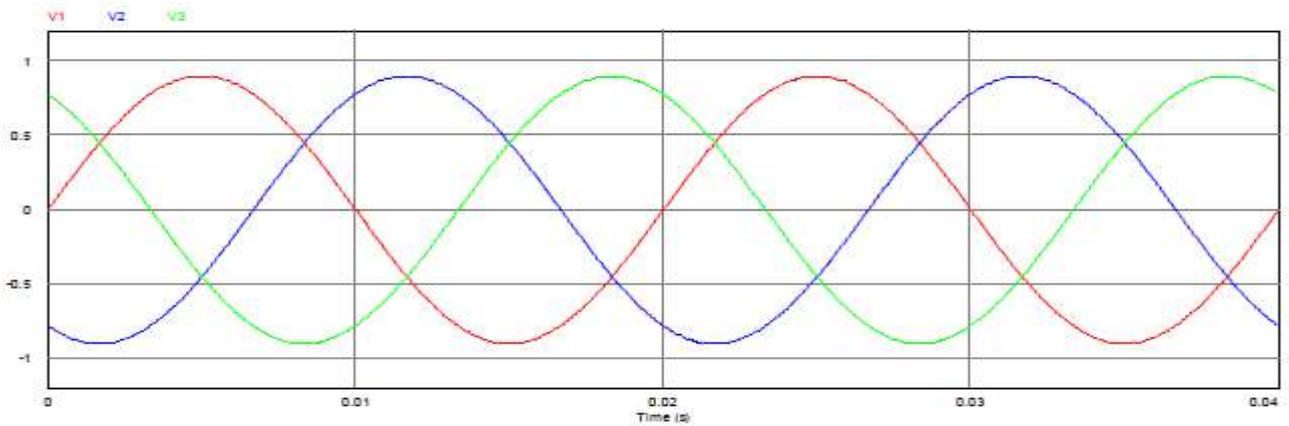


Figure 38 : Simulation des tensions $V1nréf$, $V2nréf$ et $V3nréf$

Le principe de MLI sinus-triangle sur une seule période est illustré dans la figure 39. Les intersections entre la tension de référence et la porteuse donnent les instants d'ouverture et de fermeture des interrupteurs. Il s'agit de comparer la référence (en bleu) à la porteuse triangulaire (en rouge). Le signal de sortie de l'interrupteur K1 vaut 1 si la modulante est plus grande que la porteuse, 0 sinon ; le signal de sortie change donc d'état à chaque intersection de la modulante et de la porteuse. Les allures des autres signaux de commandes K2 et K3 sont dans la figure 40.

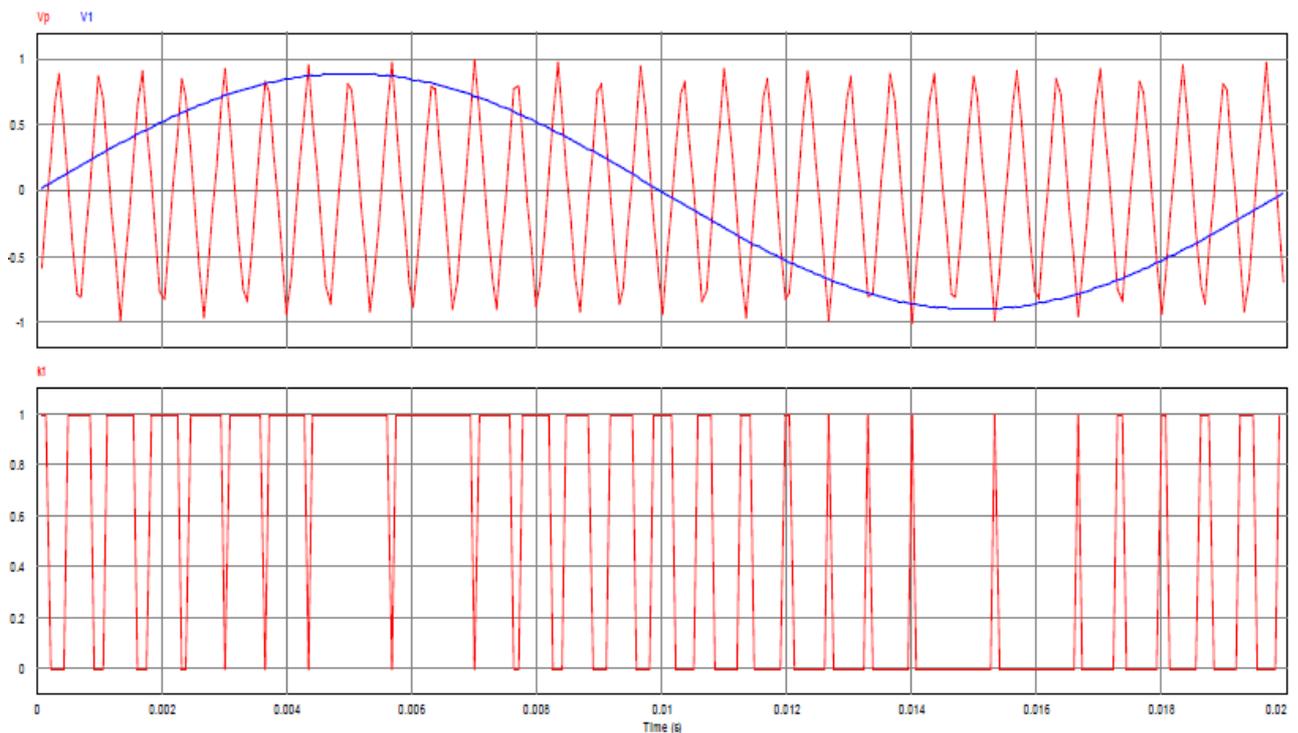


Figure 39 : Principe MLI à porteuse en dents de scie

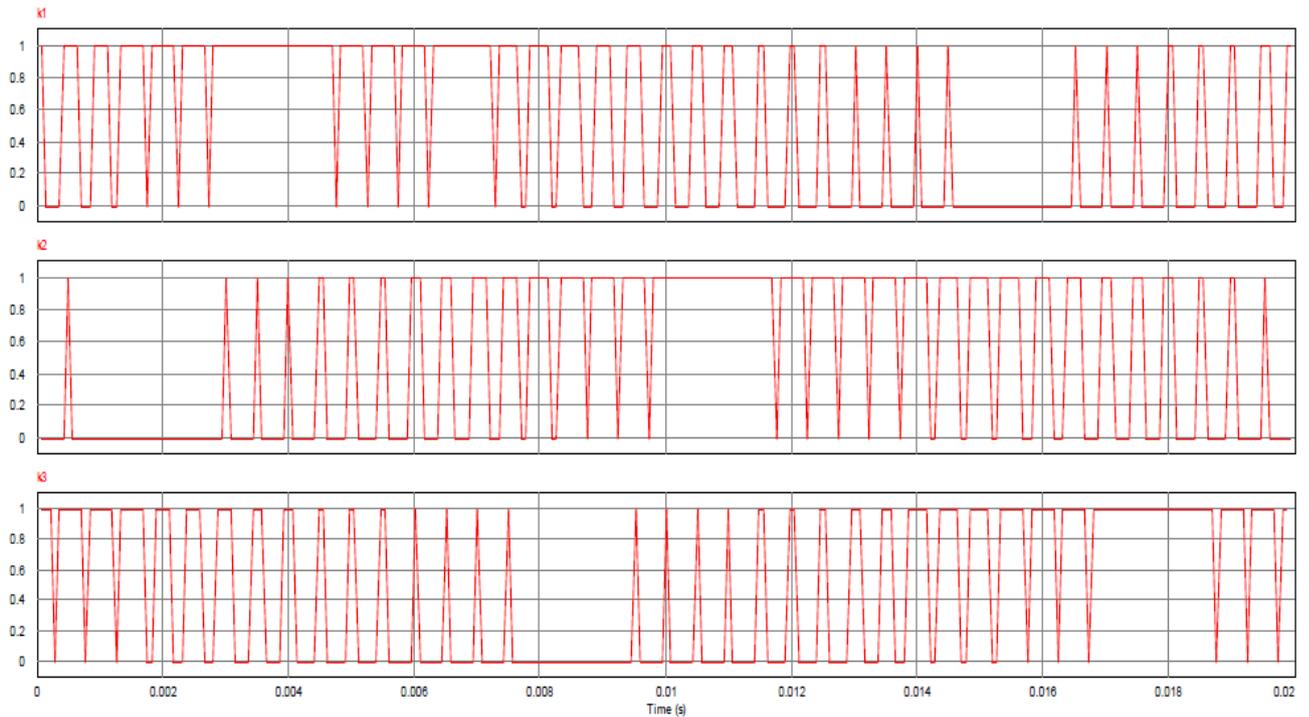


Figure 40 : Les signaux de commande k_1 , k_2 et k_3

La simulation des tensions composées U_{31} , U_{23} et U_{12} sont montrées dans la figure 41. Les tensions simples V_{1n} , V_{2n} et V_{3n} sont montrées dans la figure 42.

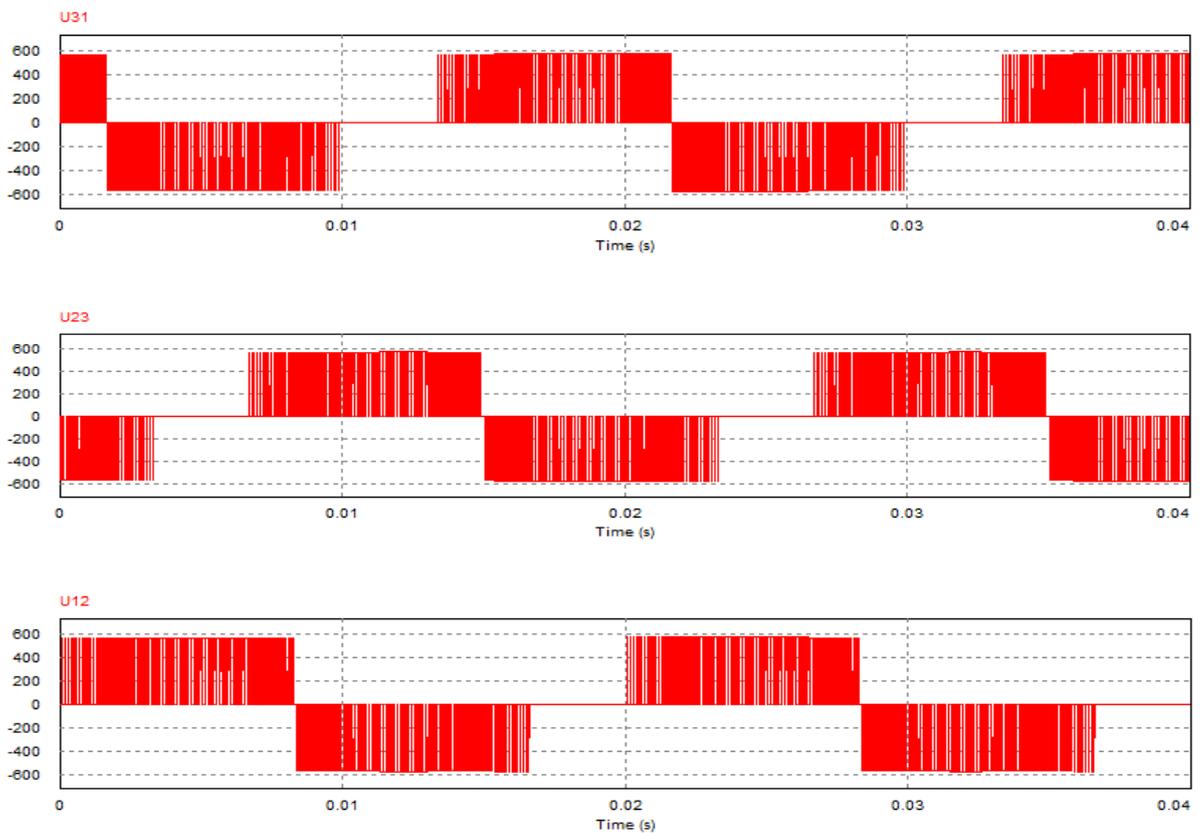


Figure 41 : Tensions composées

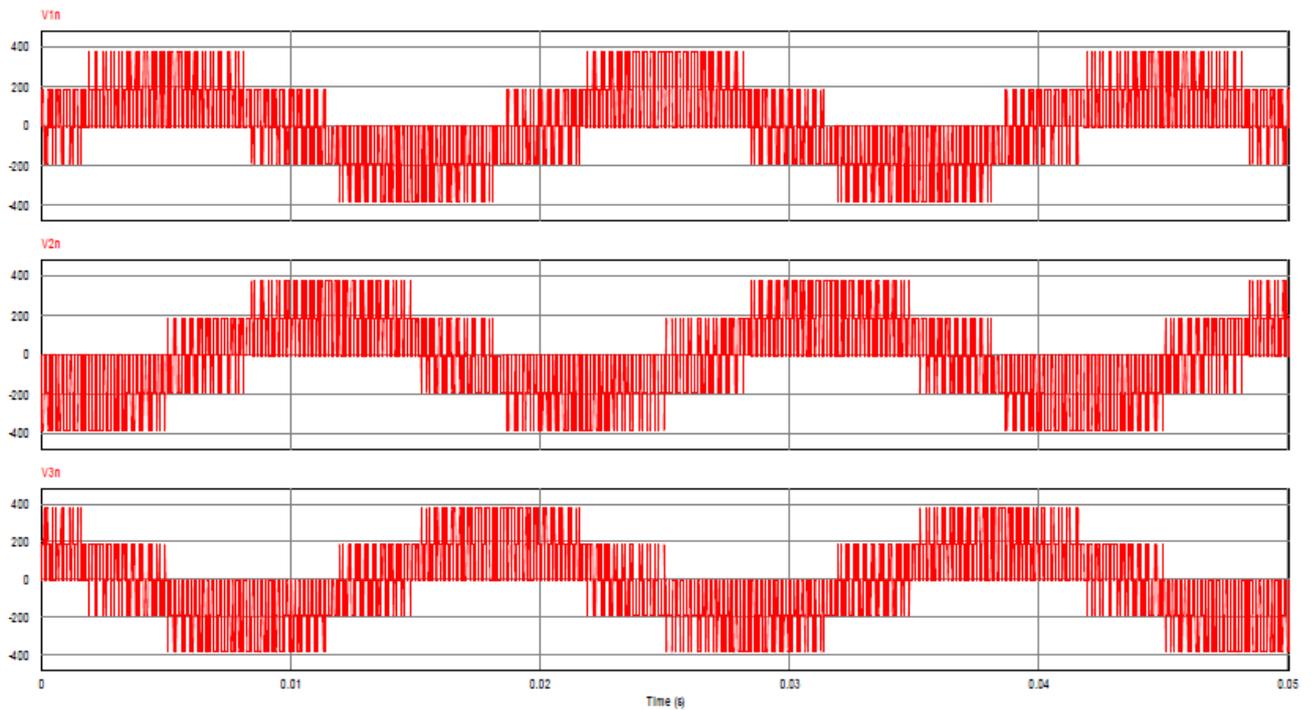


Figure 42 : Tensions simples

Les allures des courants statoriques i_1 , i_2 et i_3 sont présentés dans la figure 43.

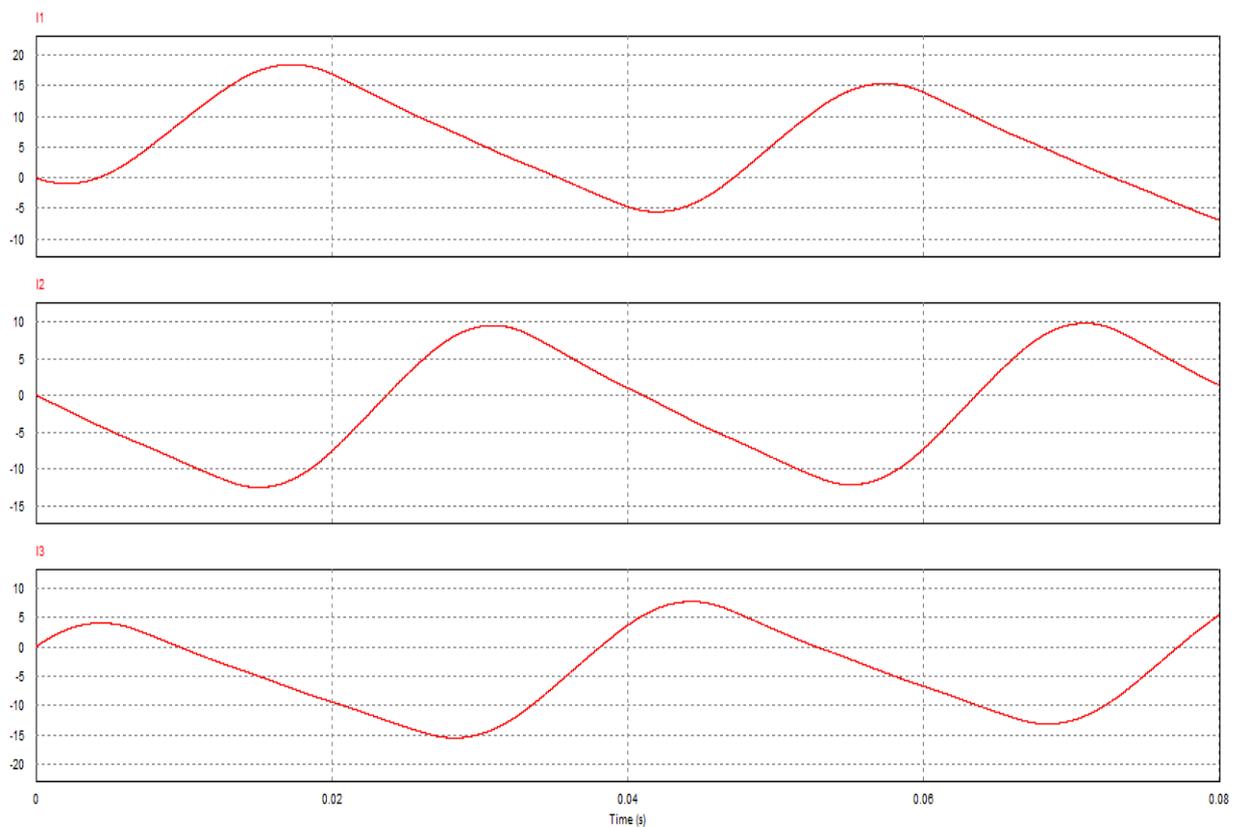


Figure 43 : Les signaux des courants i_1 , i_2 et i_3

Les résultats obtenus par simulation montrent que l'alimentation du moteur par un onduleur à MLI réduit les ondulations et les harmoniques. Donc il est clair que les performances de la MLI sont nettement meilleures que la commande pleine onde. En effet, l'onduleur à MLI permet non seulement de régler la fréquence mais aussi l'amplitude de la tension statoriques du moteur. Ensuite, pour éliminer les harmoniques générés par la commande pleine onde, il faudra utiliser des filtres passe bas, c'est-à-dire des filtres d'ordre élevé ceci n'est possible qu'avec la commande MLI.

3. CONCLUSION

Dans ce chapitre, j'ai présenté la simulation des blocs du variateur de vitesse dans l'environnement PSIM. Par la suite, j'ai fait à l'aide de la simulation une comparaison entre la commande MLI sinus triangulaire et la pleine onde 180°. Les résultats montrent l'avantage de la commande MLI par rapport à l'autre.

Pour plus de performance de la technique MLI, cette commande sera implantée pour la variation de vitesse dans le chapitre de réalisation pratique suivant.

CHAPITRE IV :

**REALISATION D'UN VARIATEUR DE VITESSE A
BASE D'ONDULEUR PILOTE PAR ARDUINO**



INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre c'est de réaliser pratiquement un variateur de vitesse à base d'onduleur à MLI pour un moteur asynchrone triphasé piloté par arduino.

1. GENERALITES SUR LES CARTES ARDUINO [9]

1.1 Présentation

L'Arduino c'est une carte qui contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, pour pouvoir l'utiliser et le lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB. Elle peut profiter des ressources disponibles et de trouver les réponses à ses questions. Cette technologie est utilisée dans beaucoup d'applications comme l'électronique industrielle. Cette carte dispose de :

1. 54 broches numériques d'entrées/sorties (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM)
2. 16 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques)
3. 4 UART (port série matériel),
4. Quartz 16Mhz
5. Connexion USB
6. Connecteur d'alimentation jack
7. Connecteur ICSP (programmation "in-circuit")
8. Bouton de réinitialisation (reset).

13. EEPROM : 4 KB
14. Fréquence d'horloge de l'oscillateur à quartz : 16 MHz
15. Dimensions : 101,52 x 53,3 mm
16. Poids : 37 g

1.3 Alimentation

La carte Arduino Mega 2560 peut être alimentée soit via la connexion USB qui fournit 5V ou à l'aide d'une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte est entre 7V et 12V.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

1. VIN. La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée).
2. 5V. La tension régulée obtenue à l'aide d'un régulateur utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte. Cette tension fournie par cette broche peut provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé).
3. GND. Broche de masse (0V).

1.4 Mémoire

L'ATmega 2560 à 256Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 8Ko également utilisés par le bootloader). Elle à également 8 ko de mémoire SRAM (volatile) et 4Ko d'EEPROM (non volatile). Le bootloader est un programme préprogrammé une fois pour toute dans l'ATméga et qui permet la communication entre l'ATmega et le logiciel Arduino via le port USB, notamment lors de chaque programmation de la carte.

1.5 Broches numériques

Chacune des 54 broches numériques de la carte Mega peut être utilisée soit comme une entrée ou bien sortie numérique. Ces broches fonctionnent en 5V et chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité

1. Broches 0 à 13 : Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée) qui fournissent une impulsion PWM 8-bits.

1.6 Entrées analogiques

La carte dispose de 16 entrées repérées d'A0 à A15, qui peuvent admettre toute tension analogique comprise entre 0 et 5 V. Mais la tension ne doit jamais dépasser 5 Volts sous peine de détruire le microcontrôleur. Pour mesurer des tensions supérieures à 5 Volts il faut équiper l'entrée d'un pont diviseur.

2. SIMULATION DU PROGRAMME SUR PROTEUS

2.1 Organigramme du programme Arduino

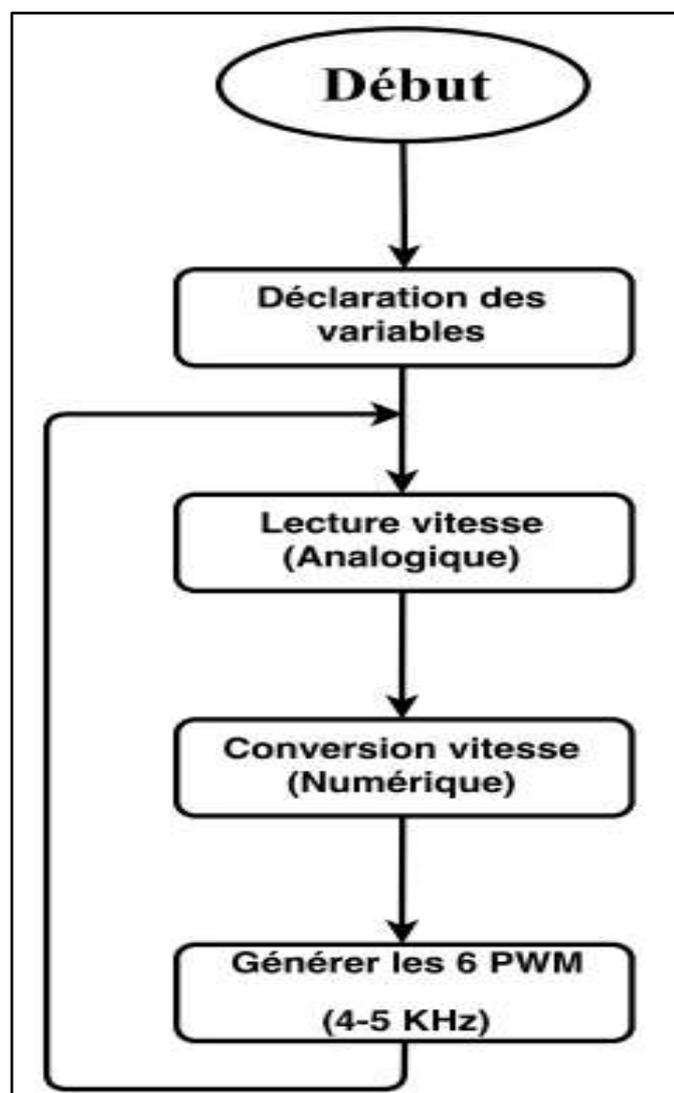


Figure 45: Organigramme du programme Arduino

2.2 Schéma de simulation

Le schéma de simulation est composé de la carte Arduino Mega, un potentiomètre 1K pour varier la fréquence des 6 PWM, six optocoupleurs et deux oscilloscopes pour visualiser les signaux. Pour le programme de la carte voir annexe 9.

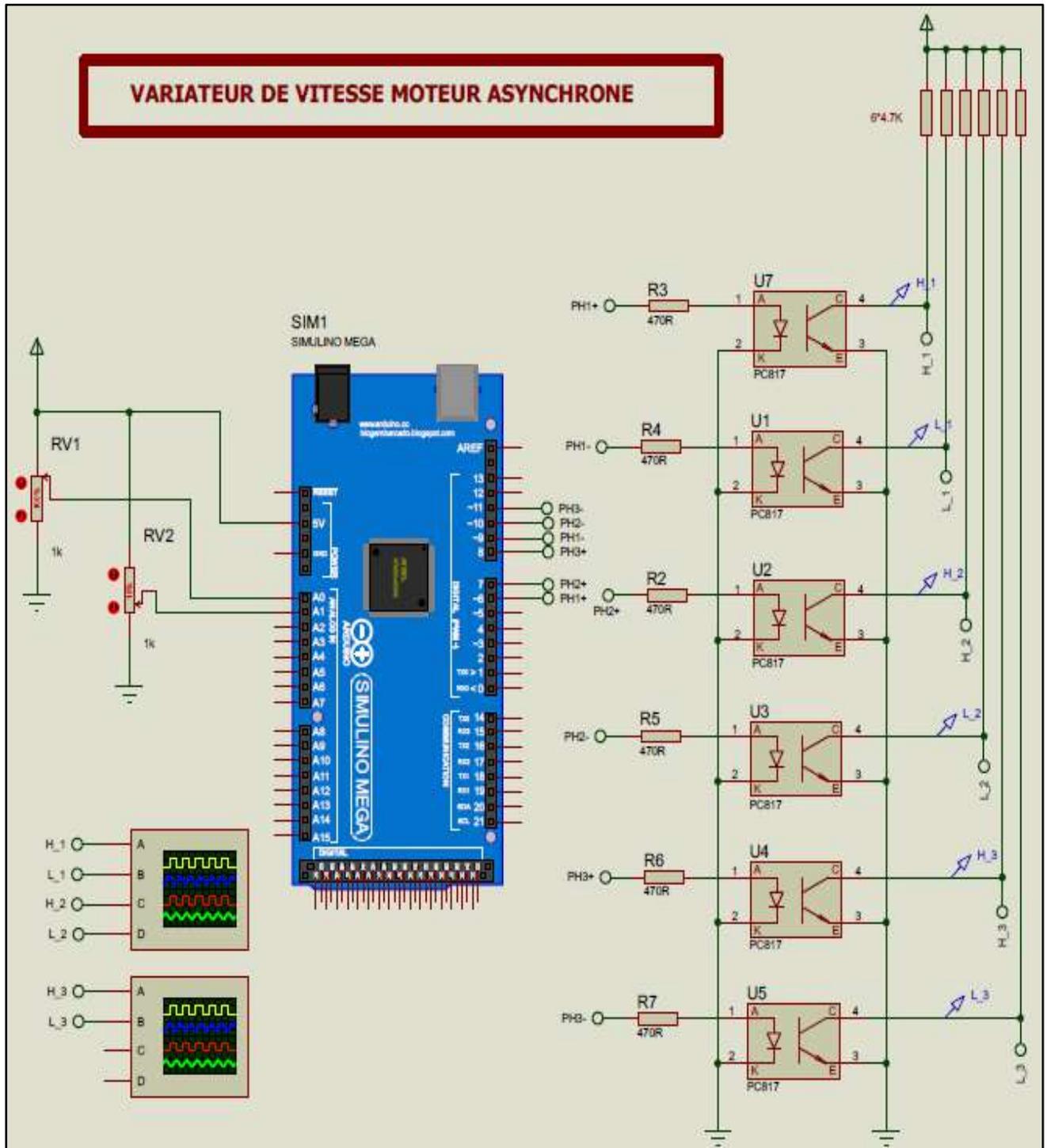


Figure 1: Schéma de simulation programme sur PROTEUS

2.3 Résultats de simulation

2.3.1 Vitesse maximale

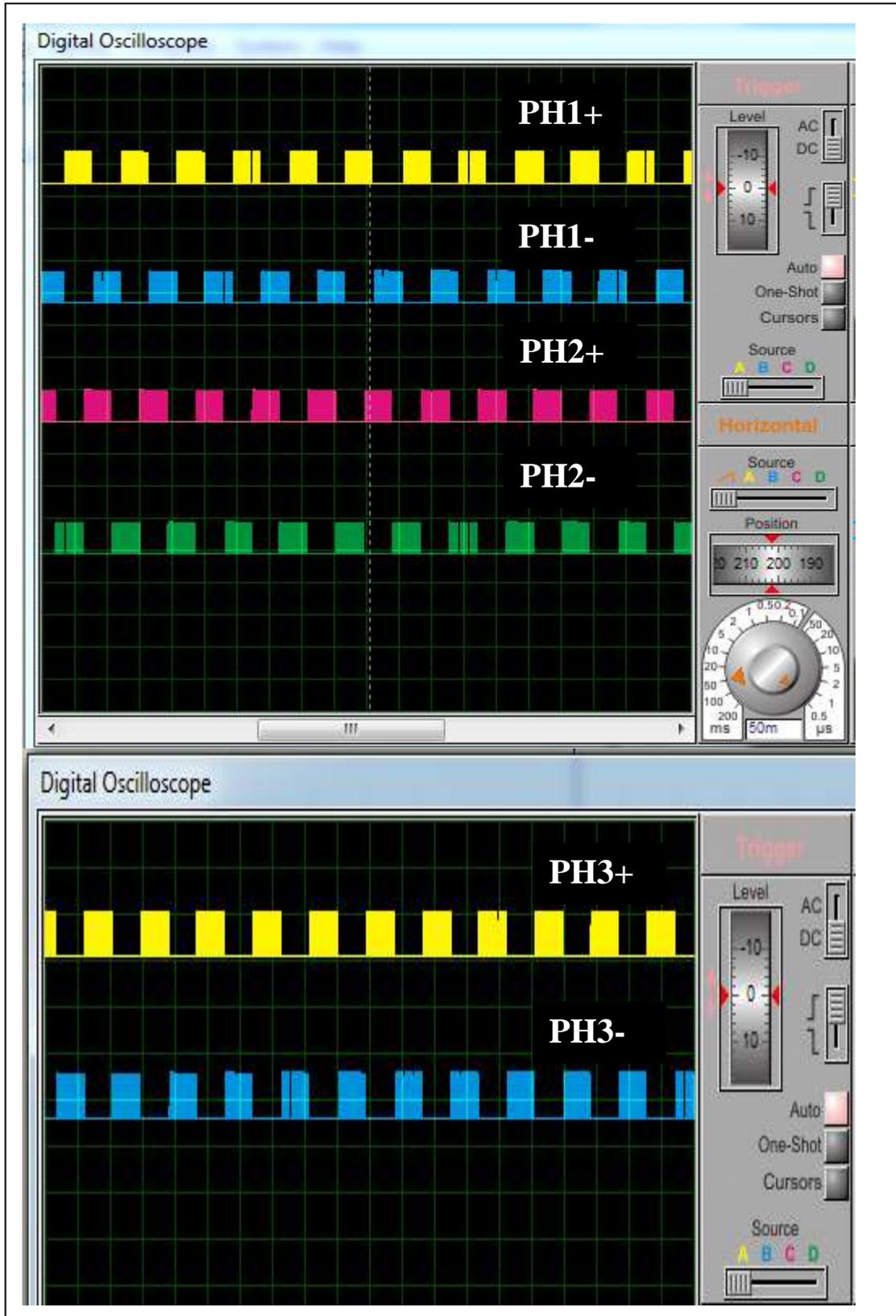


Figure 47 : Les 6 PWM avec Vitesse maximale

2.3.3 Vitesse minimale

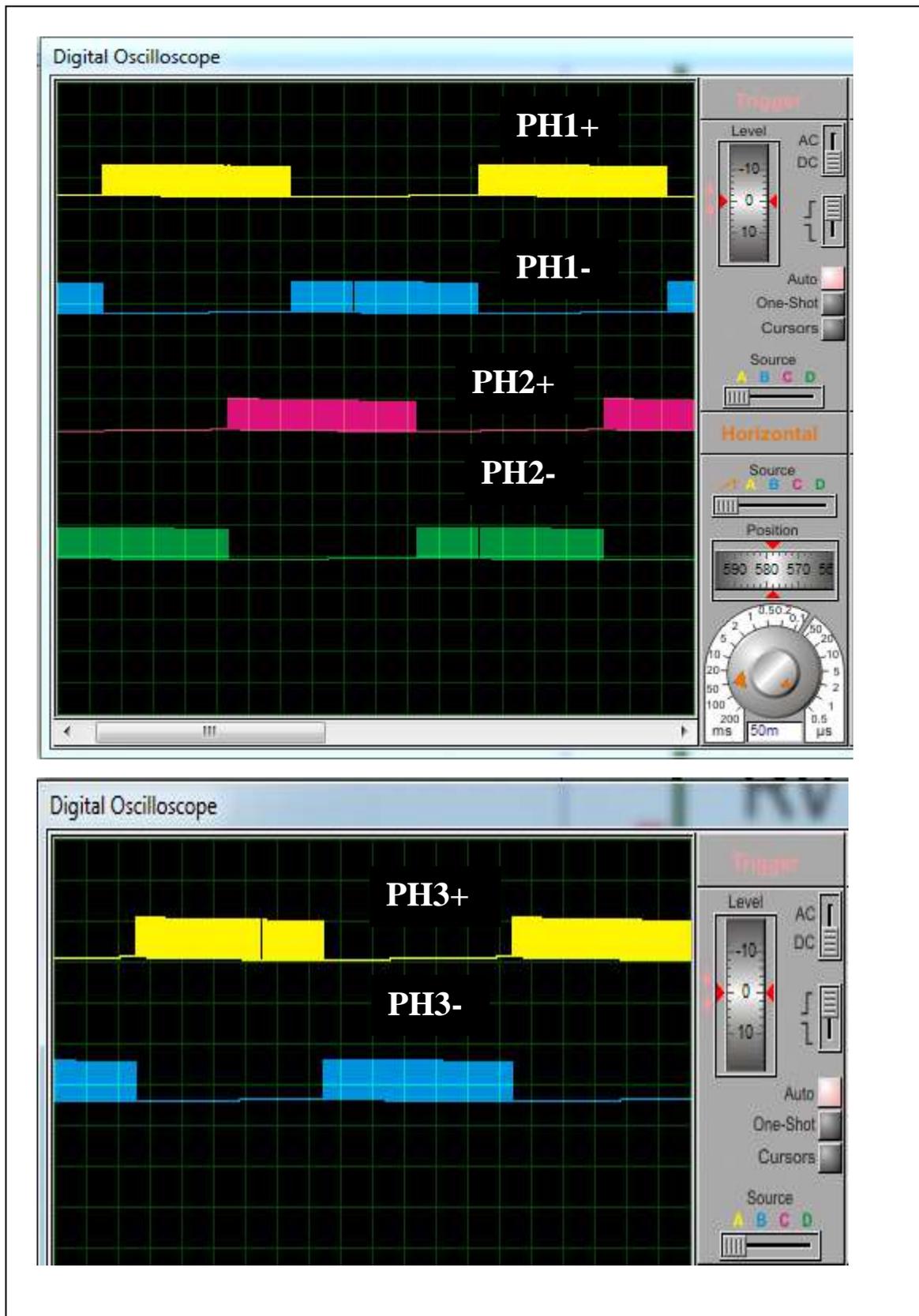


Figure 49 : Les 6 PWM avec Vitesse minimale

3. CONCEPTION ET REALISATION PRATIQUE

Ci-dessous le schéma synoptique du projet :

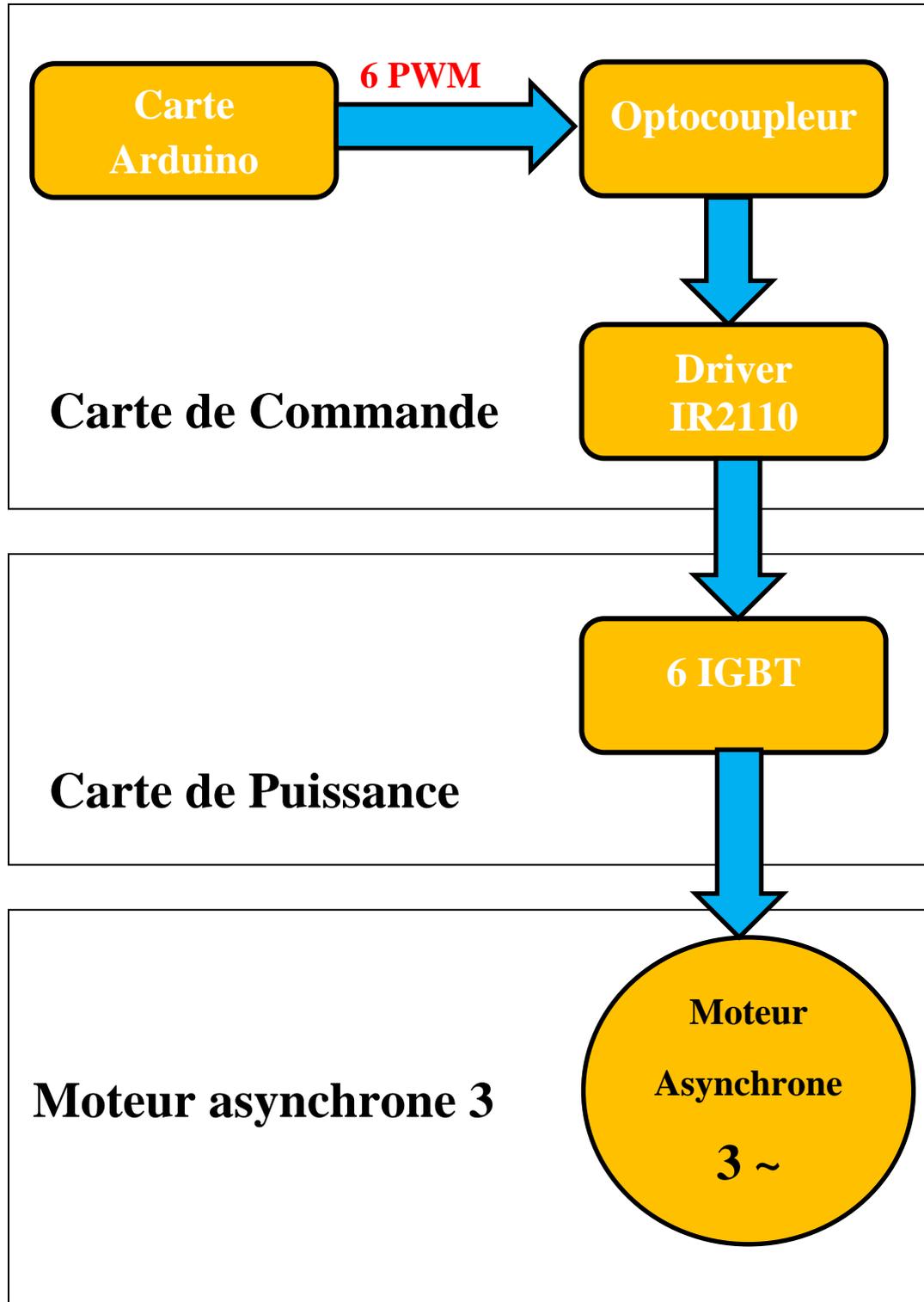


Figure 50 : Schéma synoptique

3.1 Choix des composants électroniques

Le premier calcul est celui du courant nominal délivré par l'onduleur. Considérons la charge est un moteur asynchrone triphasé 230/400V je l'ai choisi de l'atelier de l'ISET pour faire mon expérience afin de tester le variateur, avec un facteur de puissance de 0.83 et une puissance utile de 0.33Kw.

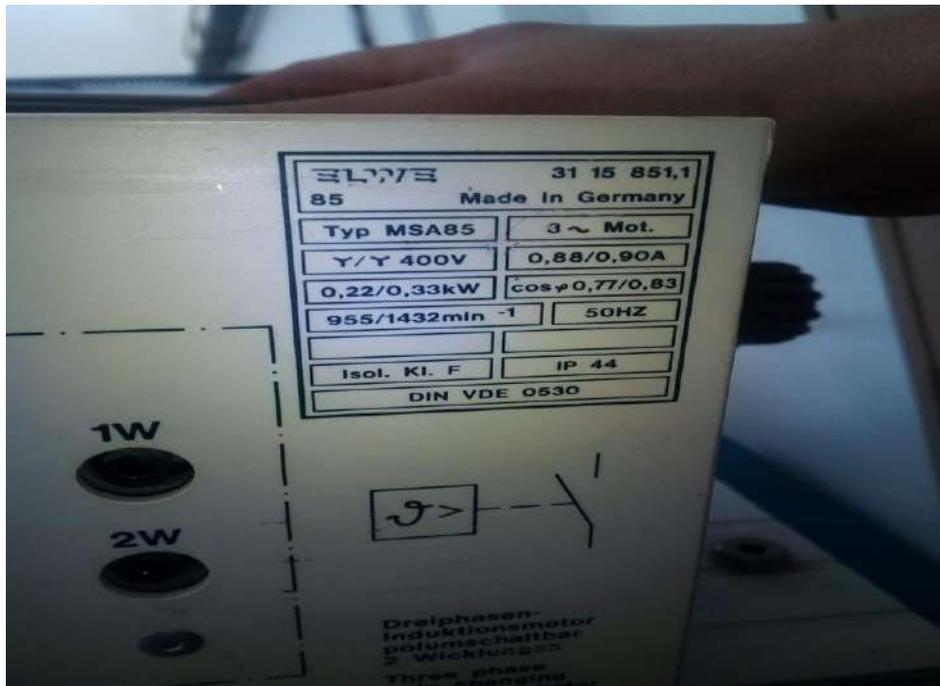


Figure 51 : Plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé

Dans ce cas le courant nominal est :

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{330}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,83} = \boxed{0.58 \text{ A}}$$

3.2 Carte de commande

Le schéma électronique de la carte de commande est réalisé par le logiciel EAGLE (figure 56) comporte :

3.2.1 Alimentation 5V

La carte Arduino est alimentée à partir d'une pile 9V à travers un câble jack et la carte de commande à travers un bornier à 2 vis X1. J'ai besoin d'une alimentation 5V, pour cette raison j'ai ajouté un régulateur de tension 7805.

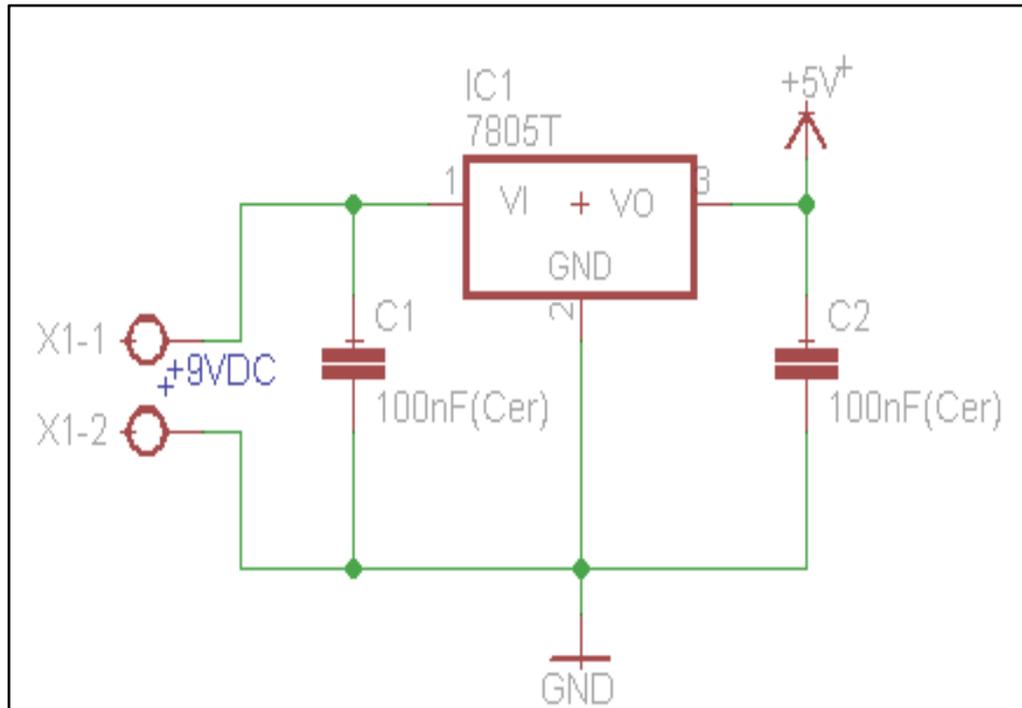


Figure 52 : Alimentation 5VDC



Figure 53 : Bornier à 2 vis

Il existe dans le commerce des régulateurs de tension linéaire sous forme de circuit intégré à trois broches. Ce genre de circuit est à utilisation simple : il suffit de brancher une broche à la masse, une autre vers la tension d'alimentation et j'obtiens en sortie une tension régulée.

Il est généralement nécessaire d'ajouter quelques condensateurs à l'entrée et en sortie servant de réservoir d'énergie de filtrage et de découplage. Selon la puissance dissipée par le composant, fonction du courant consommé en sortie et de la chute de tension à ses bornes, il est quelquefois nécessaire de lui adjoindre un dissipateur.

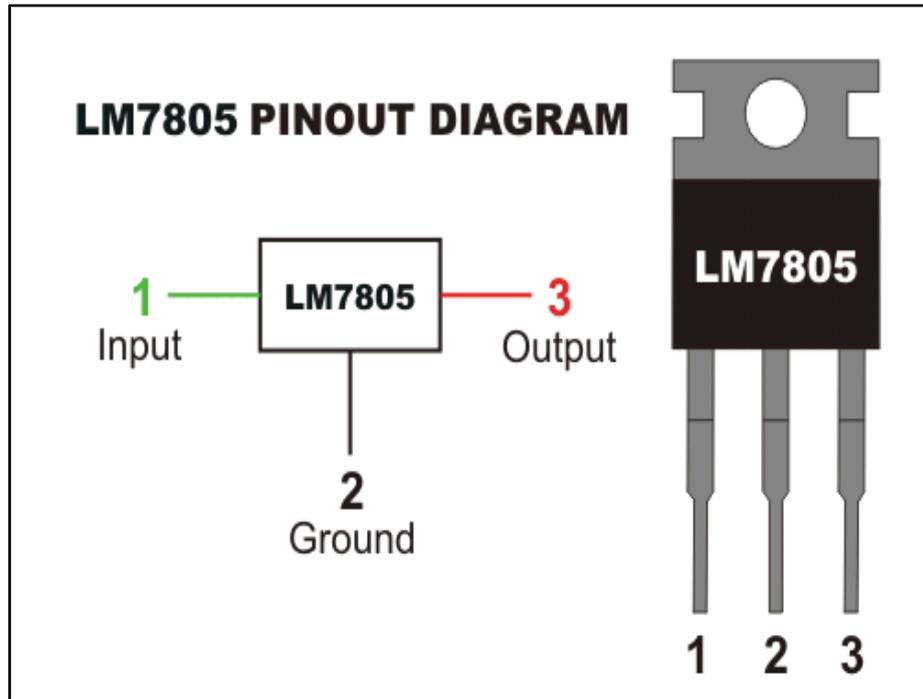


Figure 54 : Régulateur 7805 TO 220

3.2.2 Entrées/sorties Arduino Mega

La connexion entre la carte Arduino et la carte de commande est faite par l'intermédiaire des connecteurs Headers male ; JP4 pour les entrées et JP4 pour les sorties.



Figure 55 : Connecteur header male

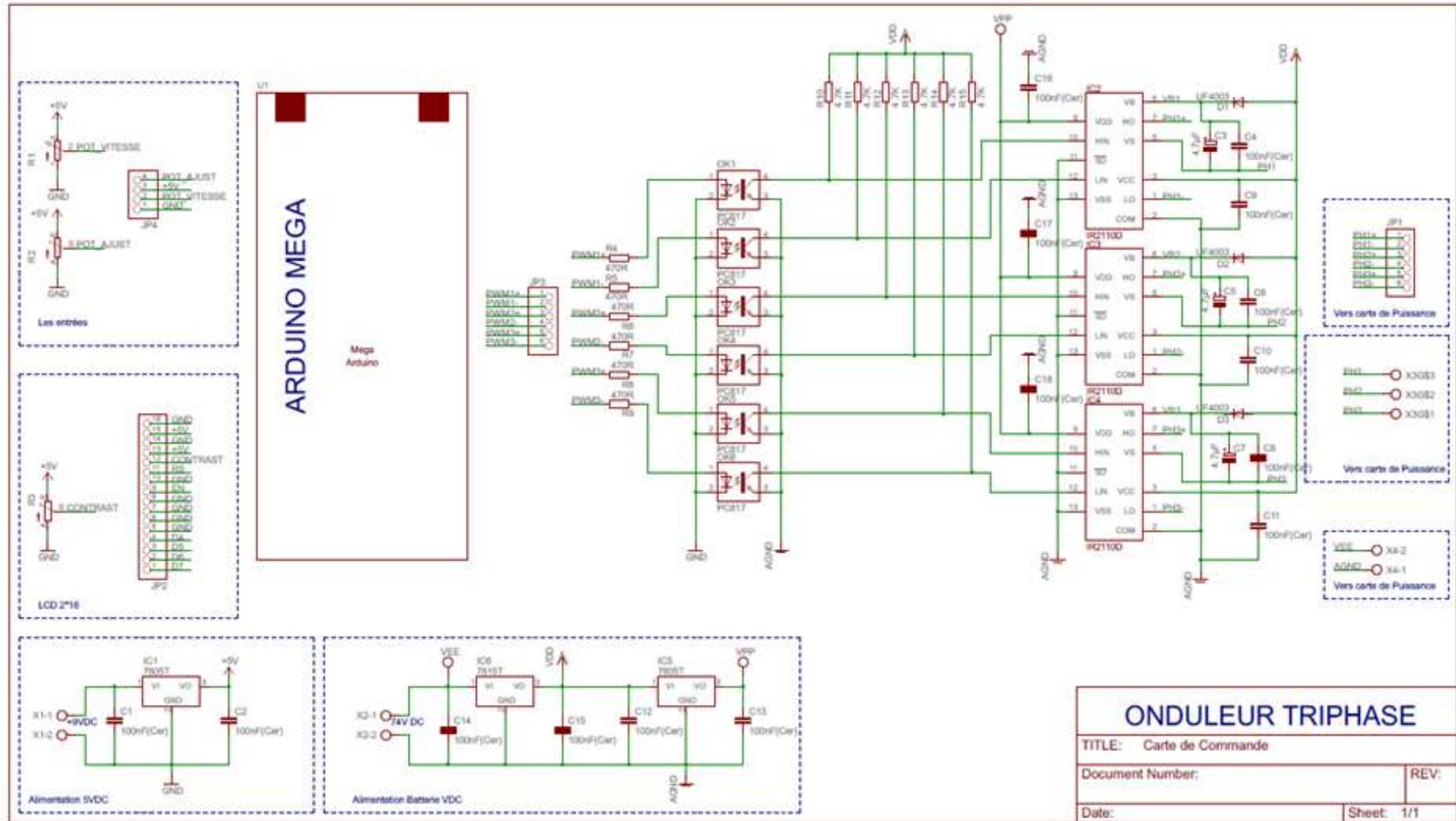


Figure 56 : Carte de commande

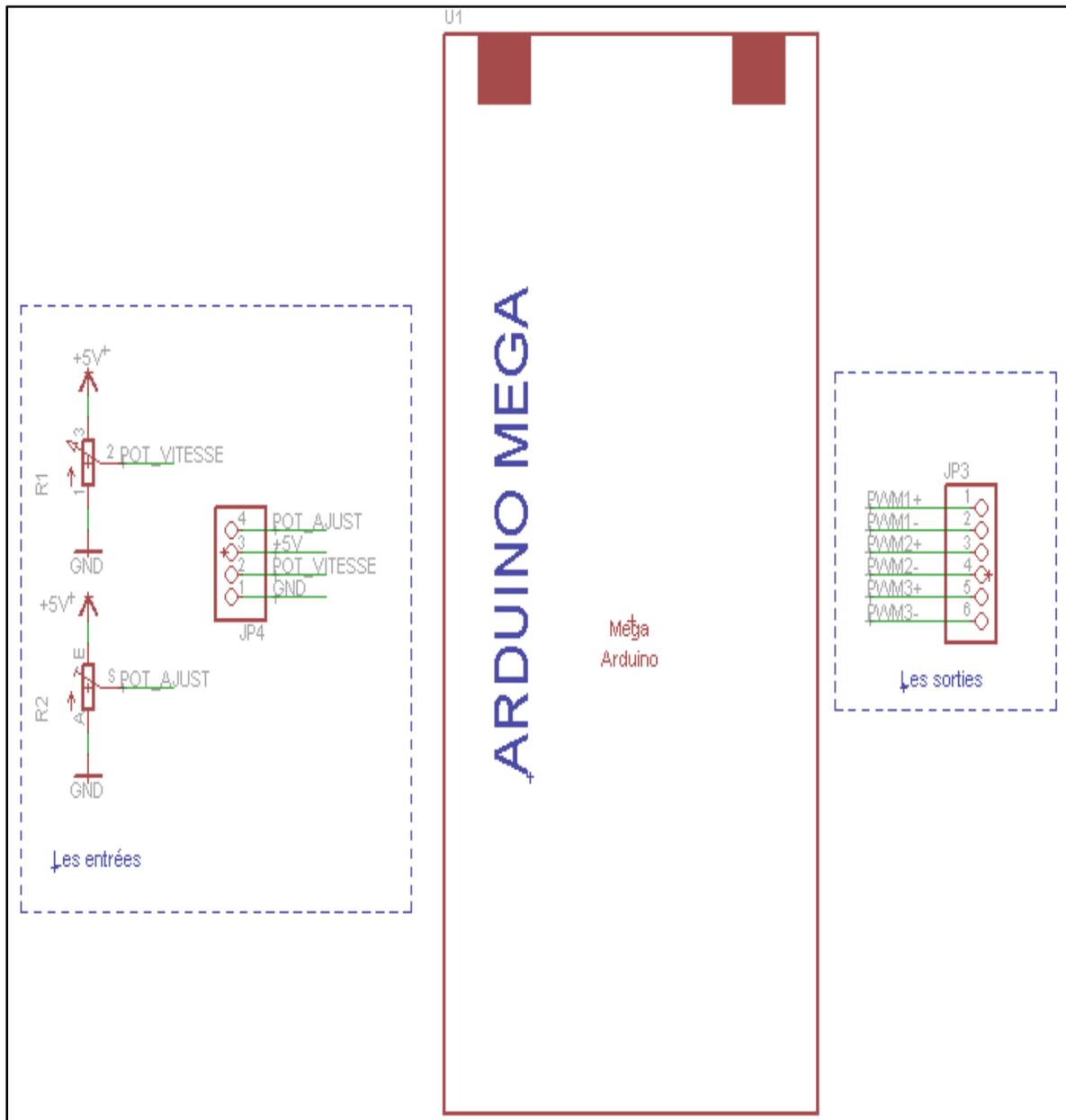


Figure 57 : Connexion entrées/sorties Arduino

3.2.3 Isolation galvanique avec PC817

L'isolation galvanique a pour objectif de supprimer tout lien électrique entre la partie commande (carte Arduino) et la partie puissance (les IGBT). J'ai réalisé l'isolation galvanique avec 6 optocoupleurs PC817. Et pour une totale isolation j'ai séparé les masses. De cette manière, toute l'électronique de commande a une masse commune GND et toute l'électronique de puissance a une autre masse commune AGND, indépendante de la première.

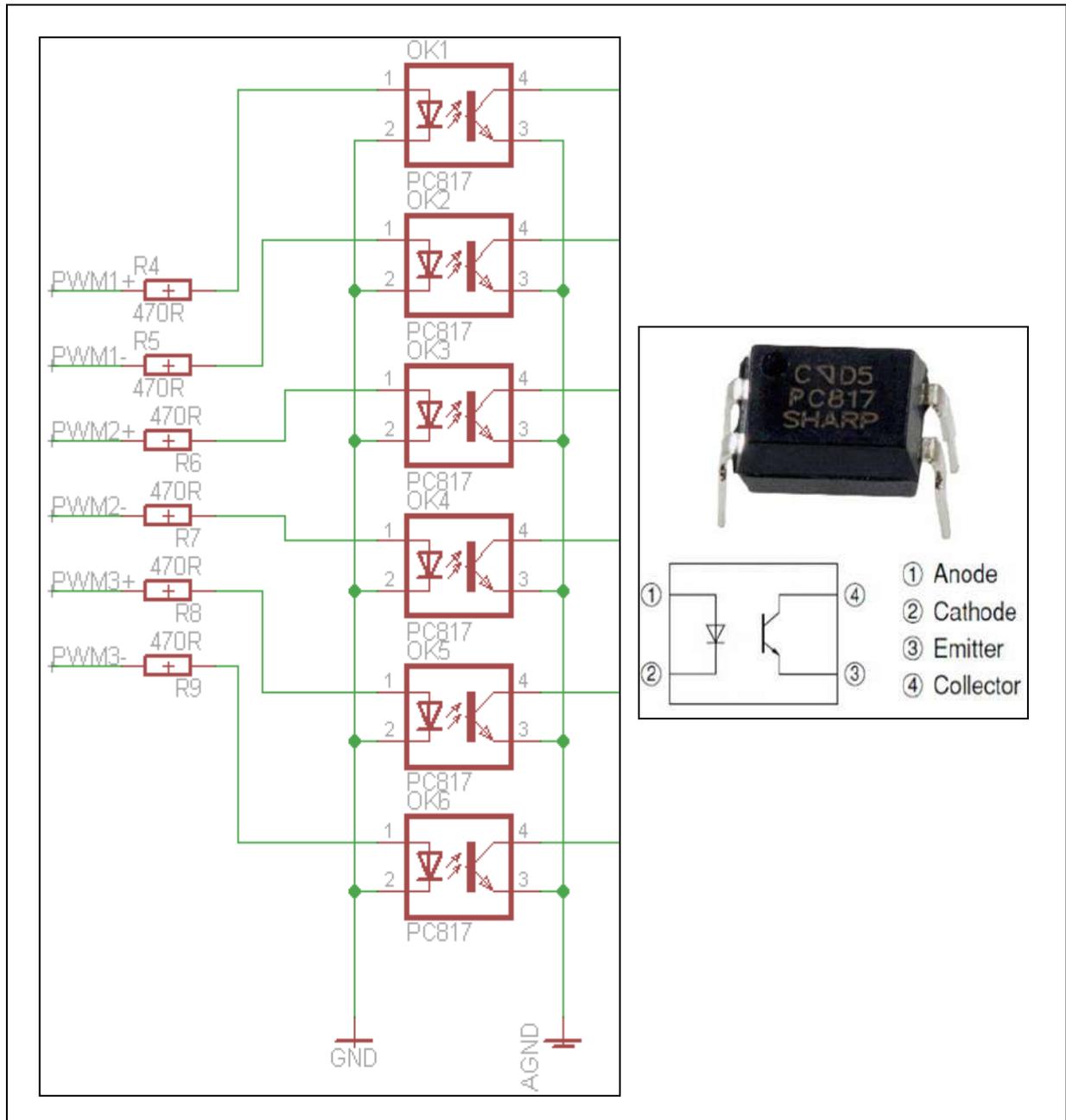


Figure 58 : Isolation galvanique par l'optocoupleur PC817

L'optocoupleur PC817 est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor. Il y a un isolement électrique entre les deux. Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle émet de l'infrarouge dans un boîtier bien hermétique à la lumière. La lumière émise par la LED est captée par le phototransistor qui devient alors passant. On peut donc transmettre un courant électrique tout en isolant électriquement.

3.2.4 Driver 2110

C'est un circuit intégré qui permet le pilotage en haute fréquence de 2 IGBT, sous des tensions pouvant atteindre 600v, en garantissant l'isolation électrique de chaque étage. Ci-dessous :

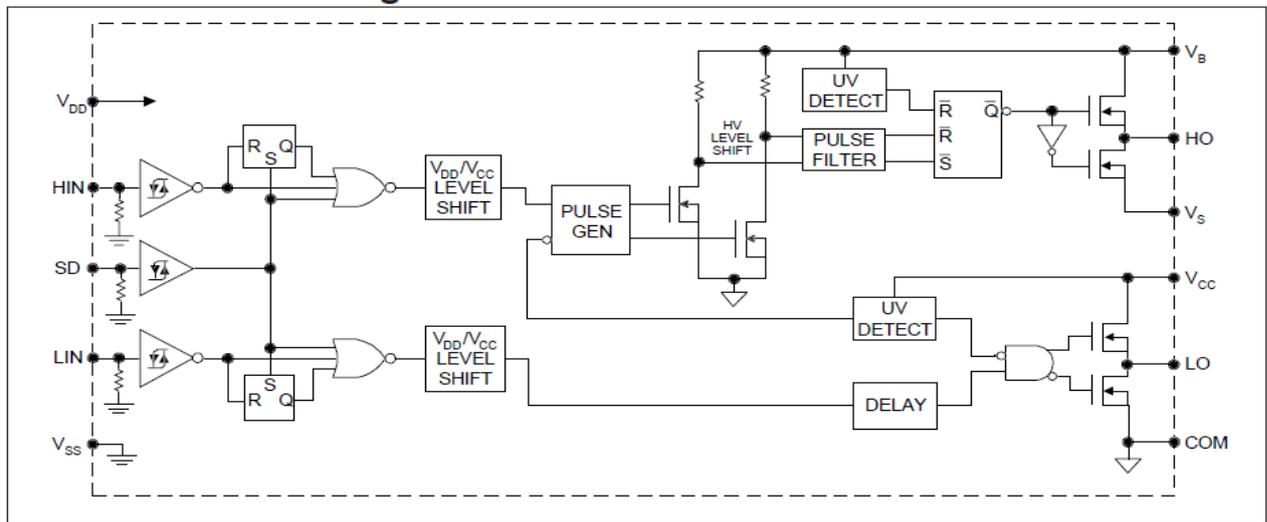


Figure 59 : Diagramme fonctionnel de IR2110

Les entrées HIN, LIN et SD sont des entrées logiques, compatibles CMOS et TTL LS. Les niveaux de basculement sont liés à la valeur de la tension d'alimentation VDD. Par exemple, pour VDD=15v, le niveau haut est compris entre 9,5v et 15v, le niveau bas est compris entre 0v et 6v.

a. Fonctionnement des entrées logiques :

L'étude suivante concerne HIN, mais s'applique de la même façon à LIN.

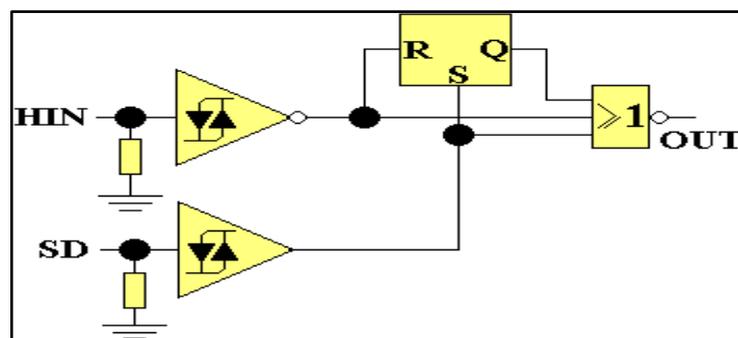


Figure 60 : Etude de HIN

L'entrée logique SD, lorsqu'elle est au niveau haut, bloque la sortie OUT (OUT= 0). Lorsque SD est au niveau bas, les impulsions qui arrivent sur HIN sont présentes sur la sortie OUT. Grâce à la

bascule RS, une impulsion en partie bloquée par SD, reste bloquée jusqu'à sa fin. Cette propriété peut être utilisée pour moduler les largeurs d'impulsions à partir de l'entrée SD.

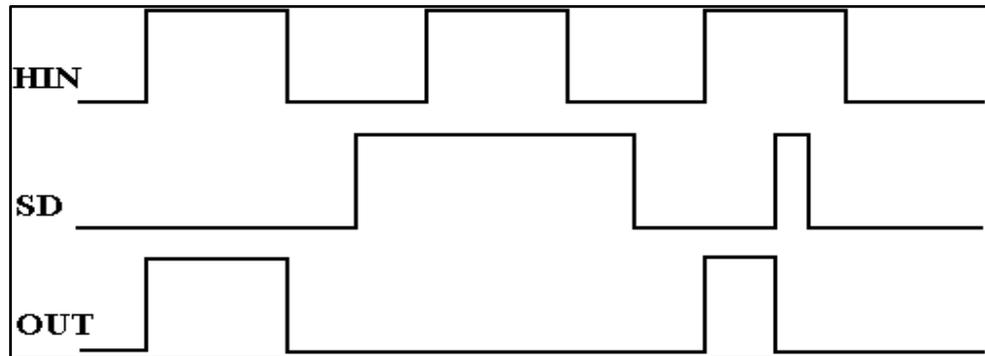


Figure 61 : Diagramme HIN

b. Étage de sortie bas

Cet étage dispose d'une sortie LO pouvant délivrer un courant de 2A par l'intermédiaire du push-pull T1-T2. Ces transistors ont un fonctionnement complémentaire. Lorsque la tension Vcc est insuffisante, T1 est bloqué et T2 est saturé. Dans le cas contraire, c'est DELAY qui fixe l'état de T1 et T2.

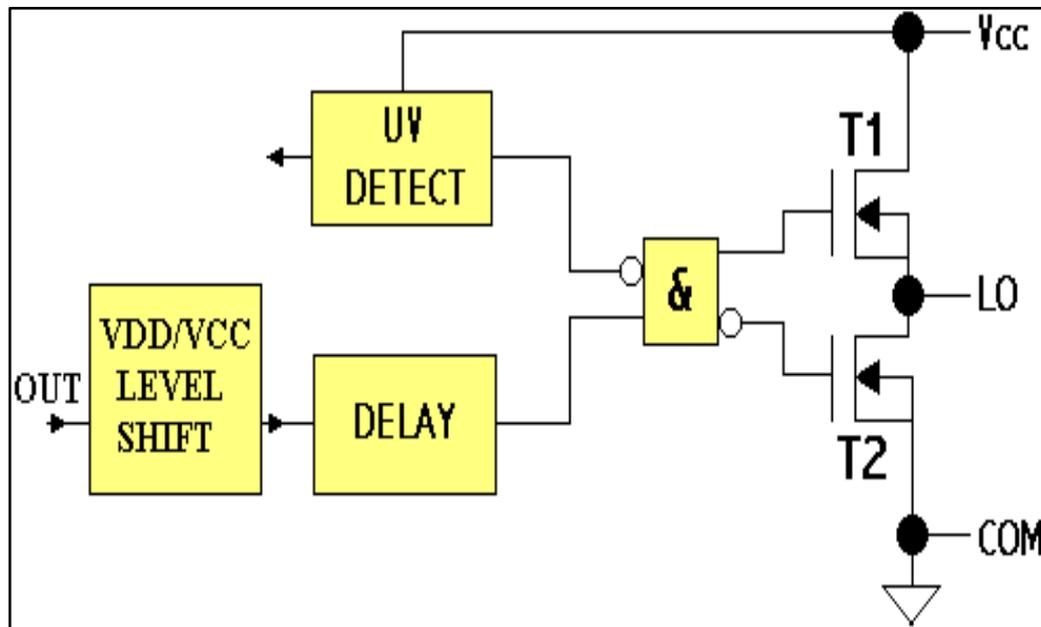


Figure 62 : Etage de sortie bas

c. Étage de sortie haut

Cet étage dispose d'une sortie HO pouvant délivrer un courant de 2A par l'intermédiaire du push-pull T3-T4. Ces transistors ont un fonctionnement complémentaire. Lorsque la tension VB est

insuffisante, T3 est bloqué et T4 est saturé. Dans le cas contraire, c'est PULSE FILTER qui fixe l'état de T1 et T2.

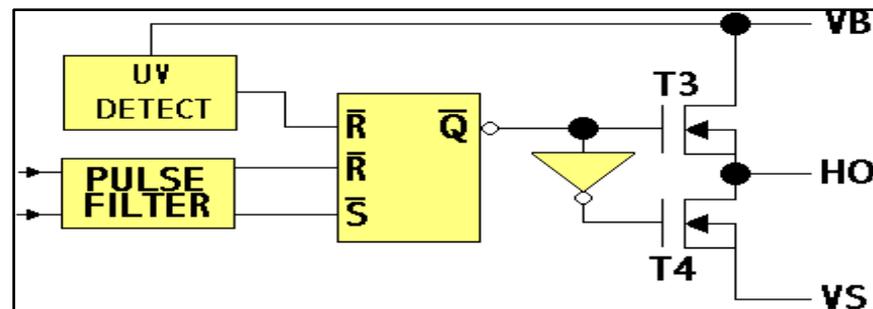


Figure 2 : Etage de sortie haut

d. Montage d'application

Dans ce montage, les condensateurs C1, C2 et C3 assurent le filtrage des alimentations VDD, VCC et VB. La tension VCC doit être comprise entre 10v et 20v, la tension VDD entre 4,5v et 20v. L'alimentation VB est obtenue à partir de VCC, par charge de C2 à travers D et Load, lorsque T2 est saturé.

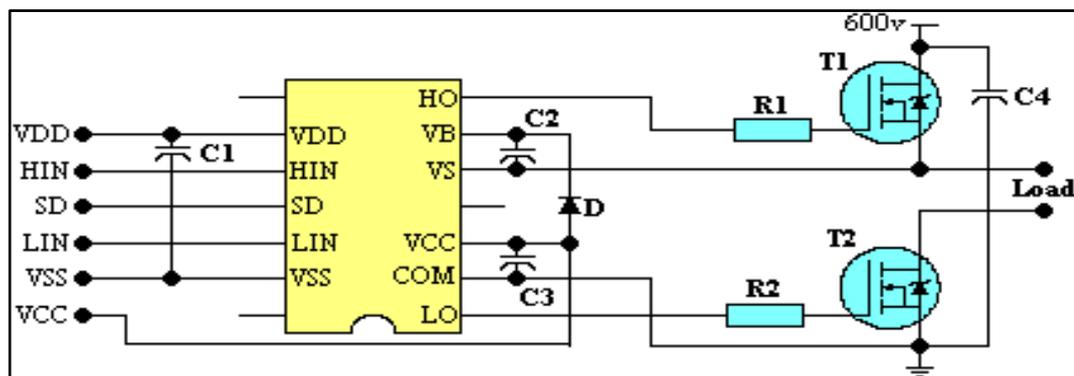


Figure 64 : Montage d'application

3.3 Routage de la carte de commande

À l'aide du logiciel de conception EAGLE ; j'ai réalisé le routage de la carte de commande sur un circuit imprimé simple face de dimension 156*105 mm.

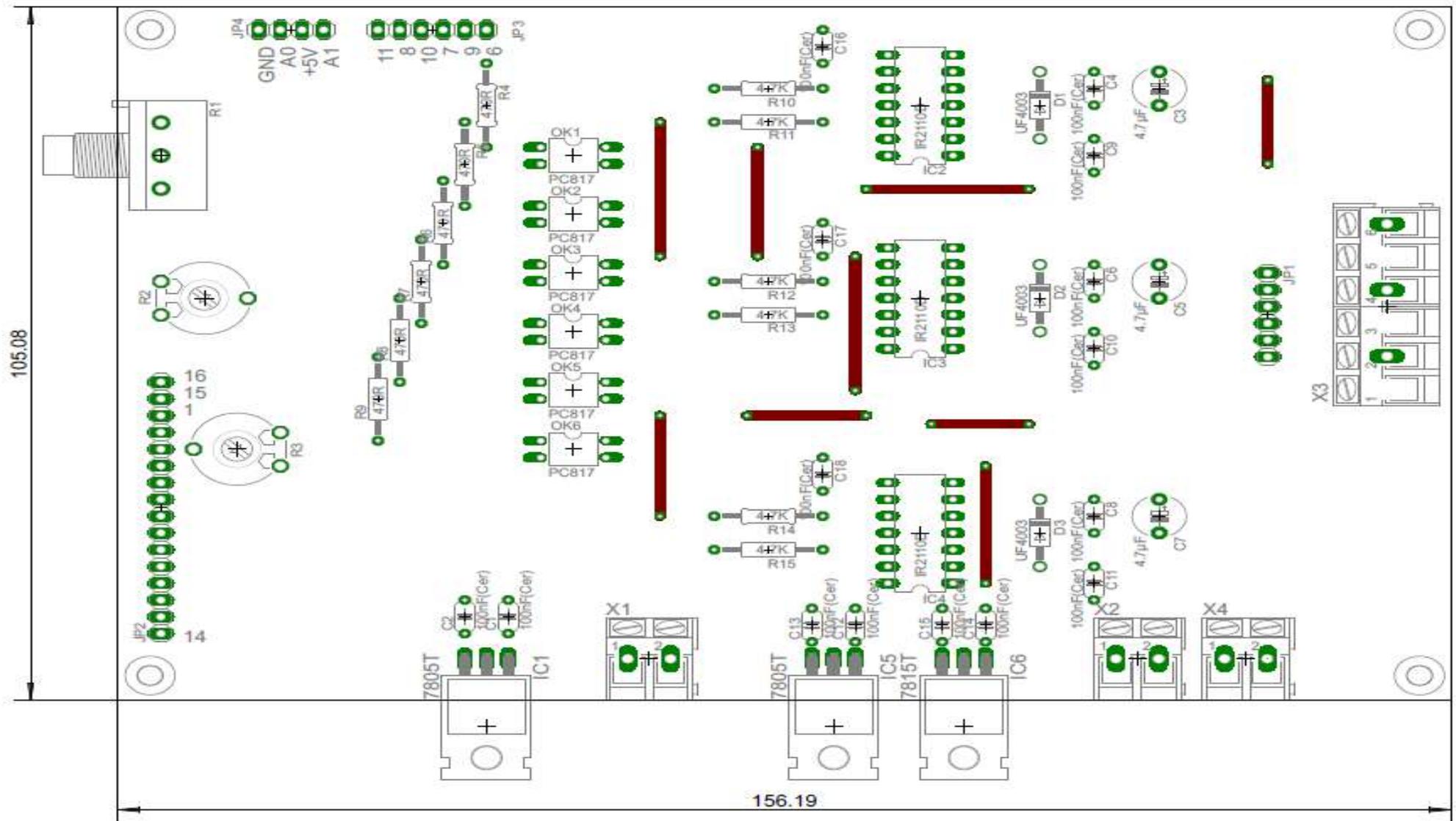


Figure 65 : Schéma du montage de la carte de command

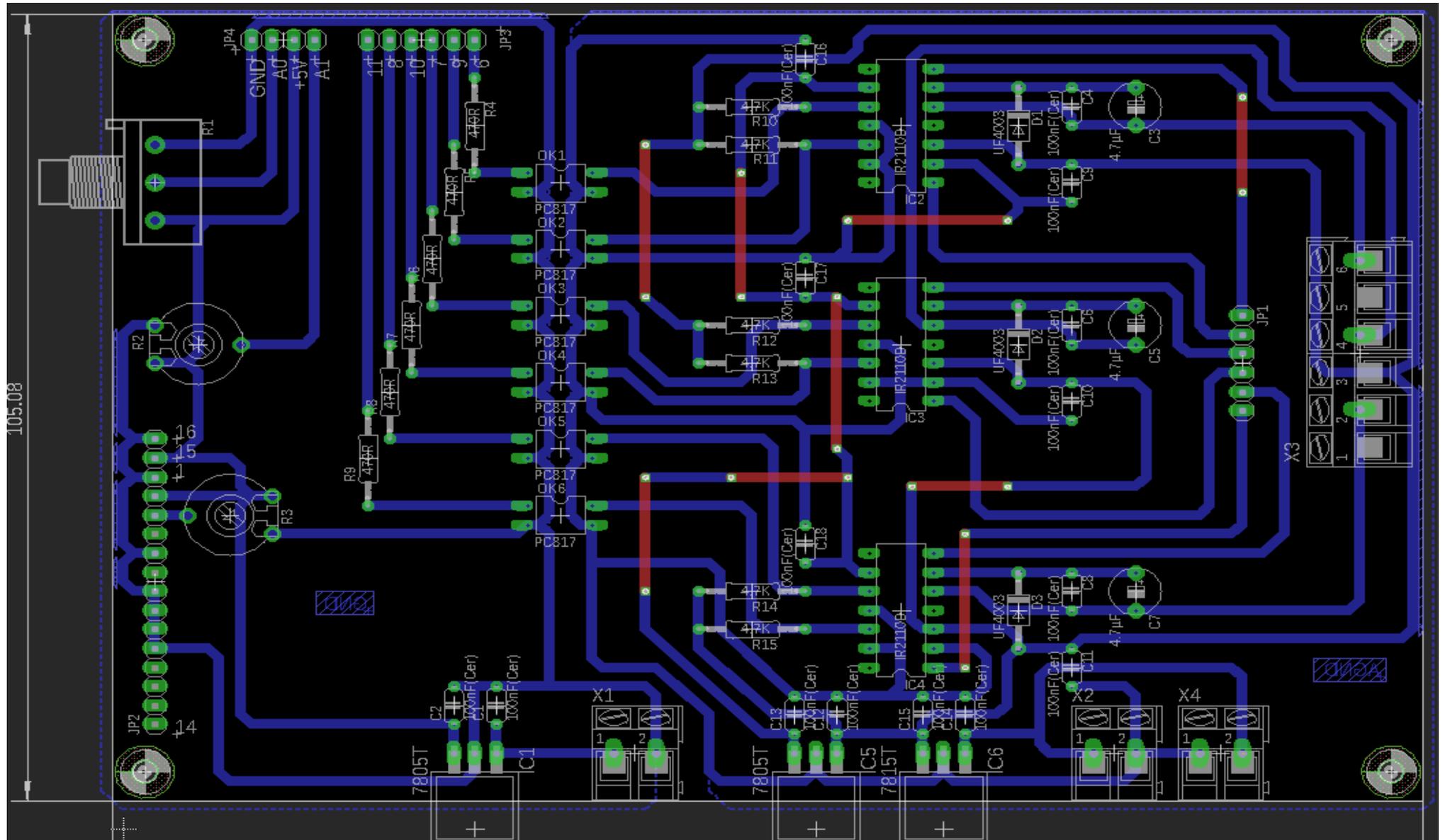


Figure 66 : Routage de la carte de commande

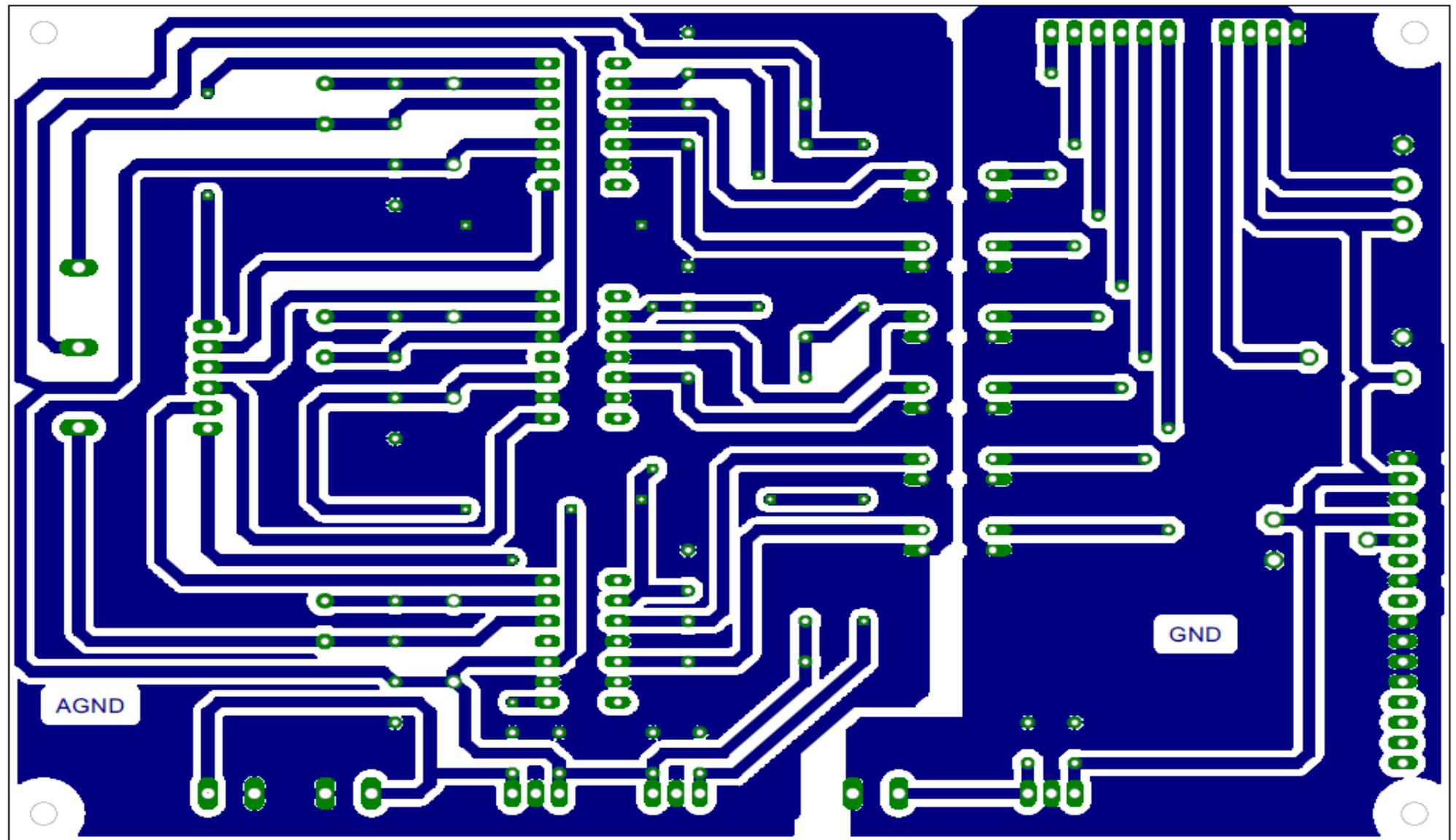


Figure 67 : Typon de la carte de commande

3.4 Carte de puissance

3.4.1 Introduction

Les transistors sont fabriqués pour des courants, des tensions et des fréquences de commutation élevées. Ils remplacent les thyristors dans les onduleurs des variateurs de vitesse. La valeur du courant dans les transistors ne passe pas impérativement par zéro comme pour les cas des diodes et des thyristors. On peut demander au transistor de commuter à n'importe quel moment en changeant la polarité de l'électrode de commande. Les développements les plus récents de la technologie des semi-conducteurs ont permis d'augmenter substantiellement la fréquence de commutation des transistors. Le seuil supérieur se trouve maintenant au-dessus de plusieurs centaines de KHz. On peut donc éviter le bruit magnétique produit par la magnétisation par impulsion du moteur.

Un autre avantage de la fréquence de commutation élevée est la grande souplesse de la tension de sortie du variateur. Il est en fait possible d'obtenir un courant moteur parfaitement sinusoïdal à condition que le circuit de commande allume et éteigne les transistors du convertisseur selon un schéma convenable. La fréquence de commutation de l'onduleur réside à un compromis entre les pertes dans le moteur et les pertes dans l'onduleur. Si la fréquence de commutation augmente, les pertes dans l'onduleur augmentent aussi.

Le transistor à haute fréquence qui sera utilisé c'est le bipolaire à grille isolée (IGBT). Il associe les avantages des transistors bipolaires (tensions et courants élevés) et ceux des transistors MOSFET (rapidité des commutations, énergie de commande faible).

Le schéma électronique de la carte de puissance est réalisé par le logiciel EAGLE (figure 68) :

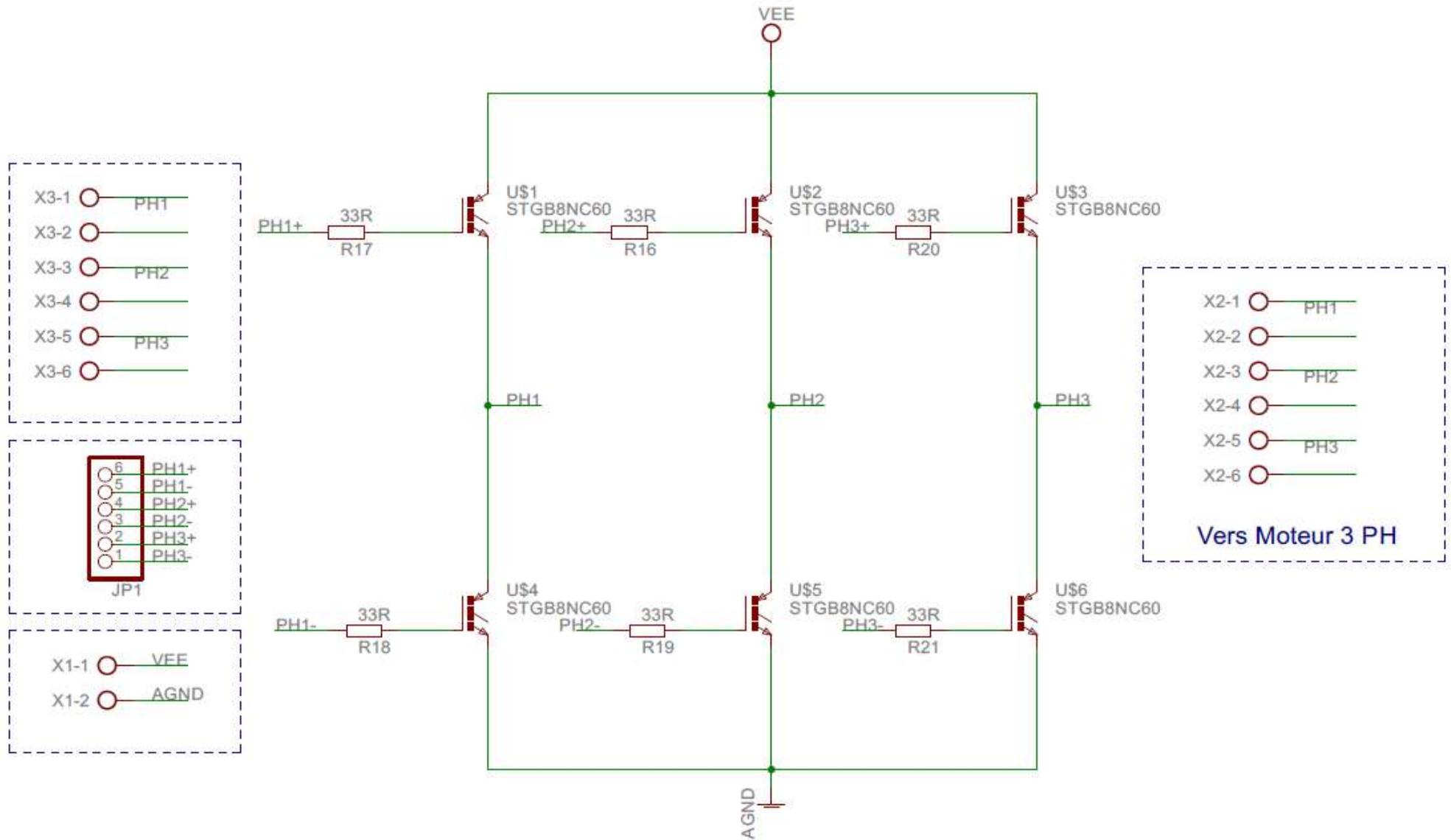


Figure 68 : Schéma électronique de la carte de puissance

3.4.2 IGBT

Un IGBT de type NPN possède comme un transistor bipolaire un collecteur et un émetteur mais la base remplacée par une électrode haute impédance qui est la grille d'un MOS. Il est constitué par un transistor bipolaire PNP de puissance de faible gain associé à un MOS canal N qui fournit le courant de base. La structure interne est représentée sur la figure ci-contre. J'ai choisi d'utiliser l'IGBT 50N60.

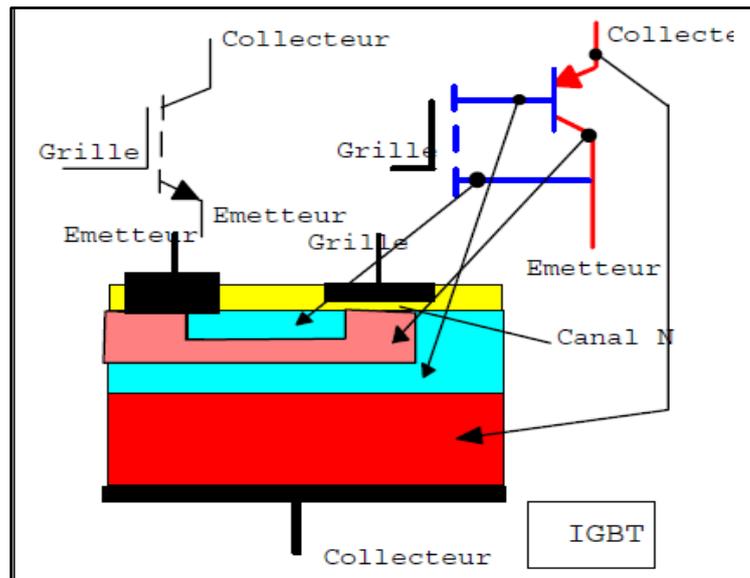


Figure 69: Structure d'un IGBT

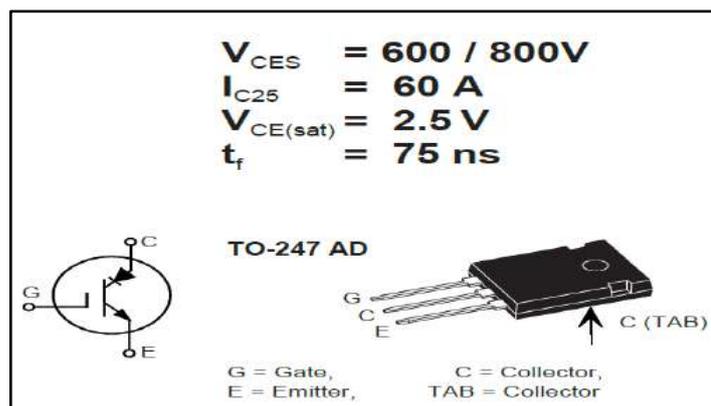


Figure 70: IGBT 50N60

3.5 Routage de la carte de puissance

J'ai réalisé le routage de la carte de puissance sur un circuit imprimé simple face de dimension 132*98 mm.

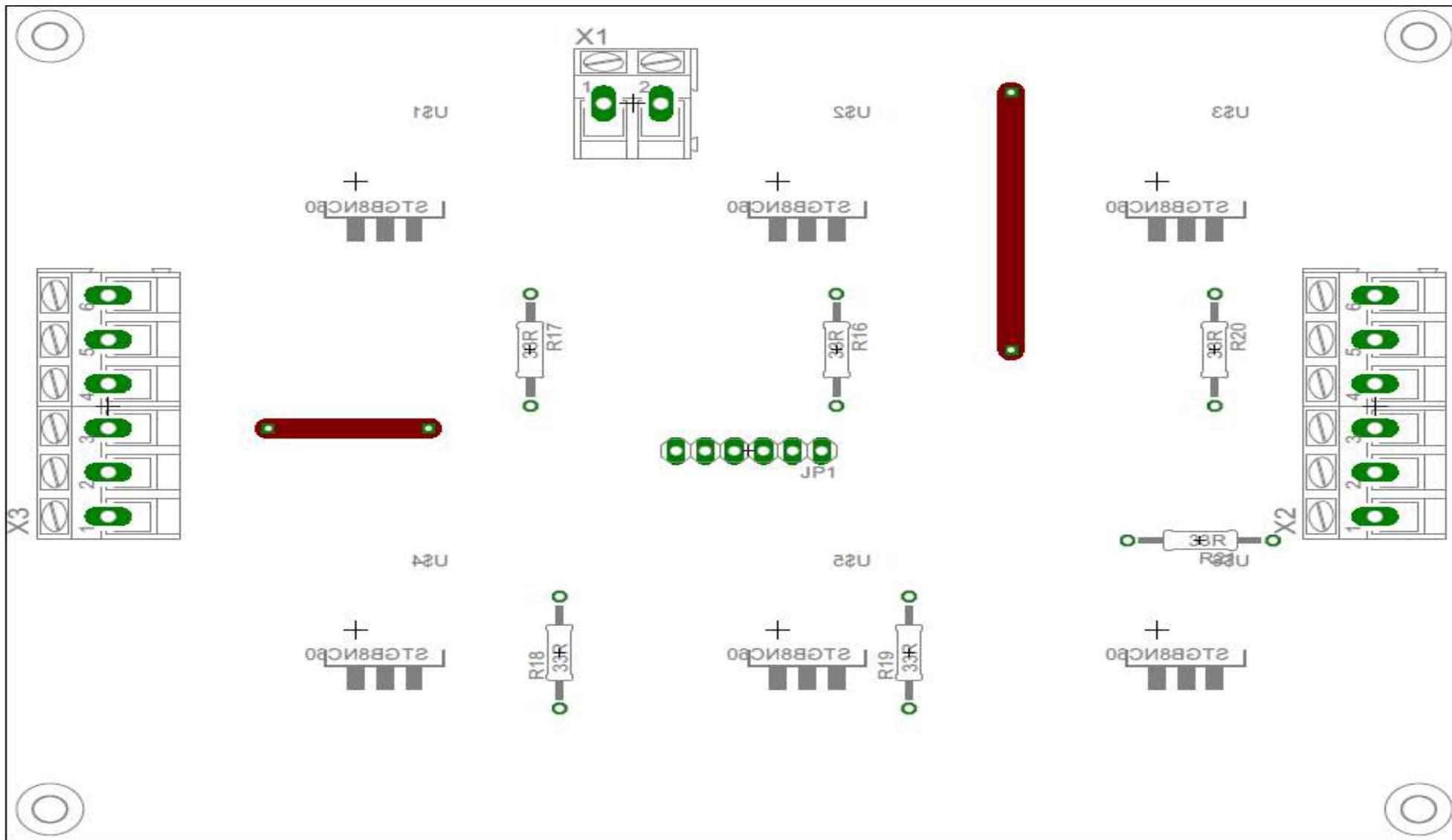


Figure 71 : Schéma du montage de la carte de puissance

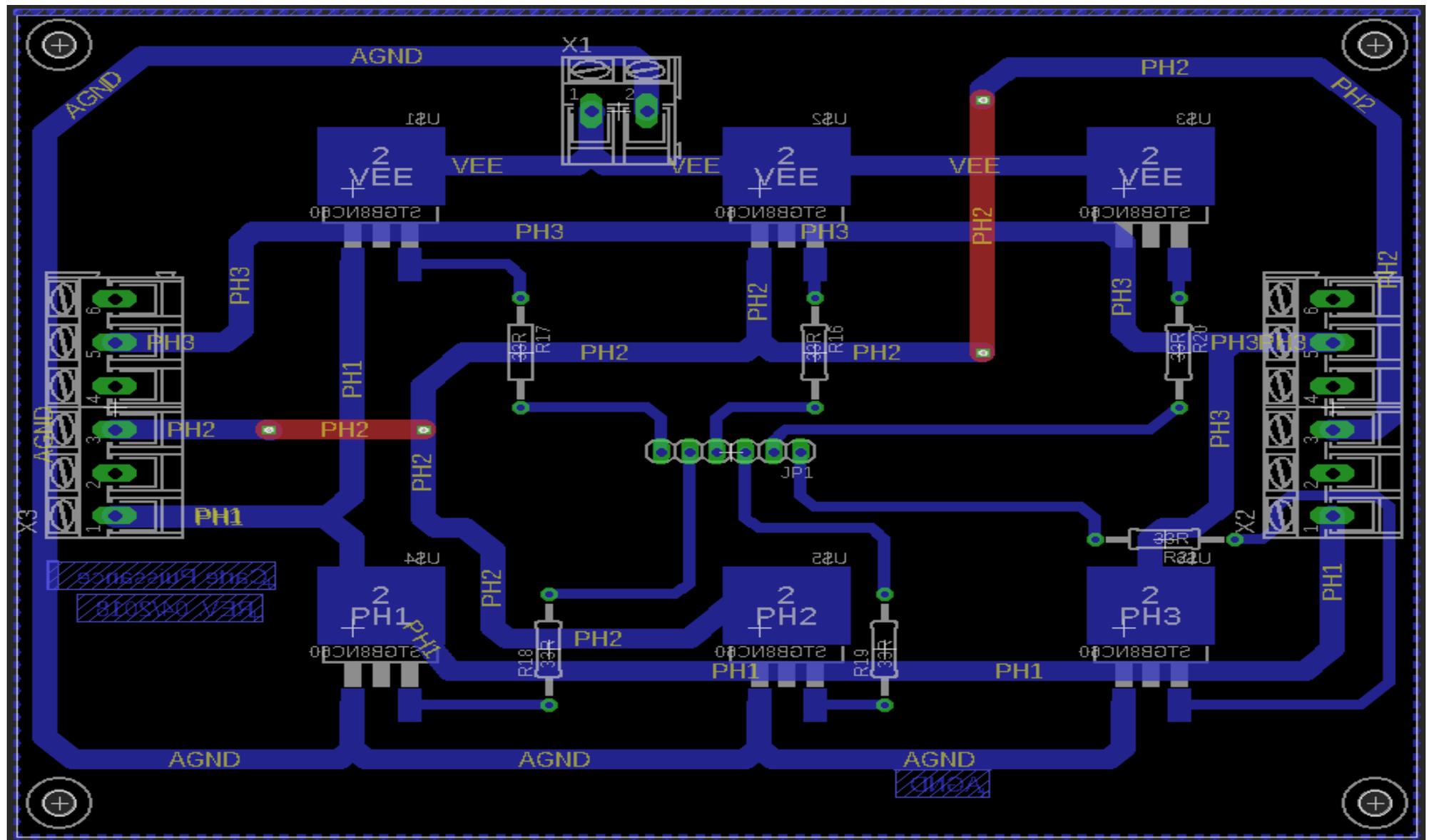


Figure 72 : Routage de la carte de puissance

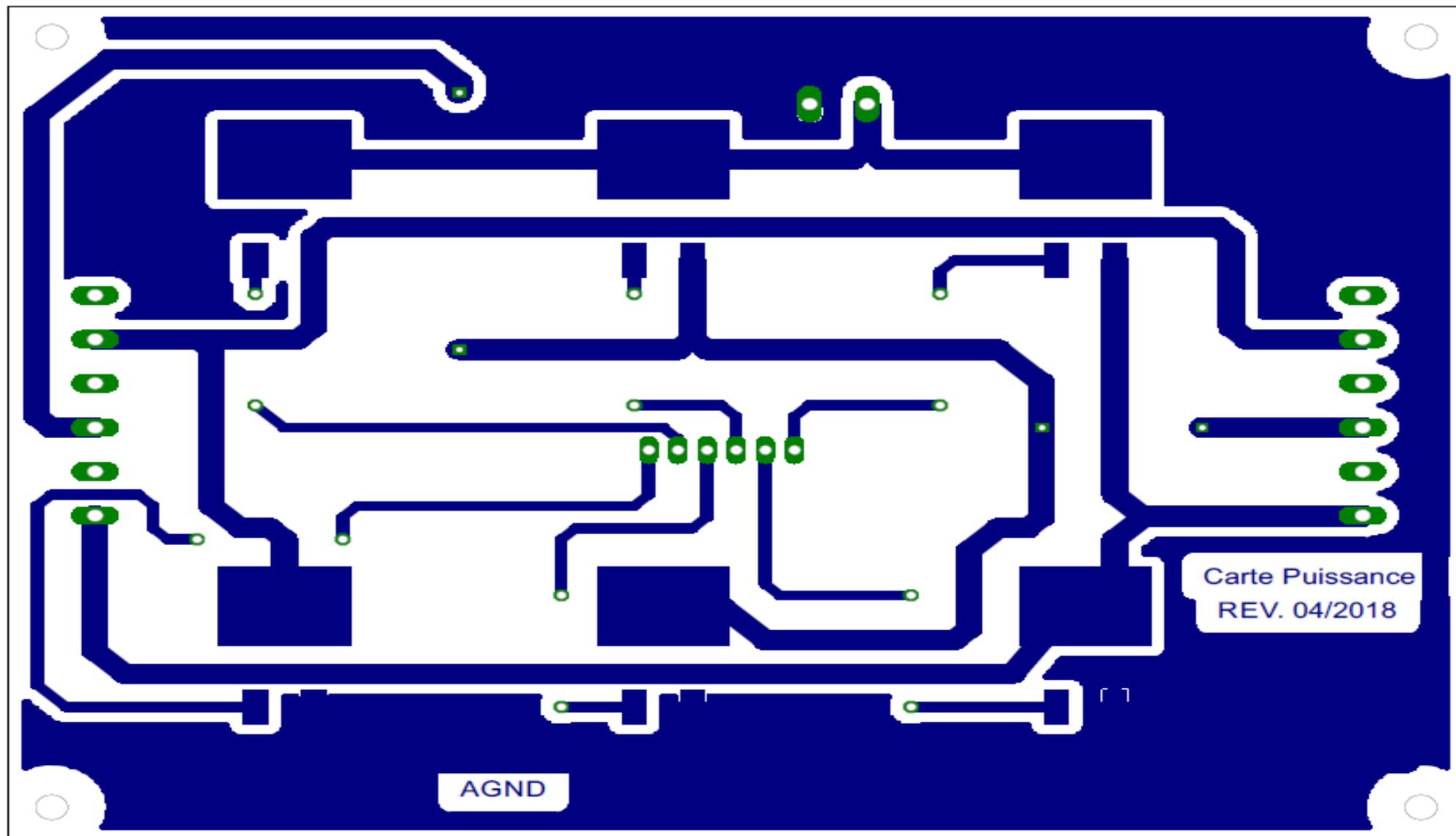


Figure 73 : Typon de la carte de puissance

3.6 Routage de la carte d'affichage

Pour les détails et le programme de PIC18F2550 voir annexe 10.

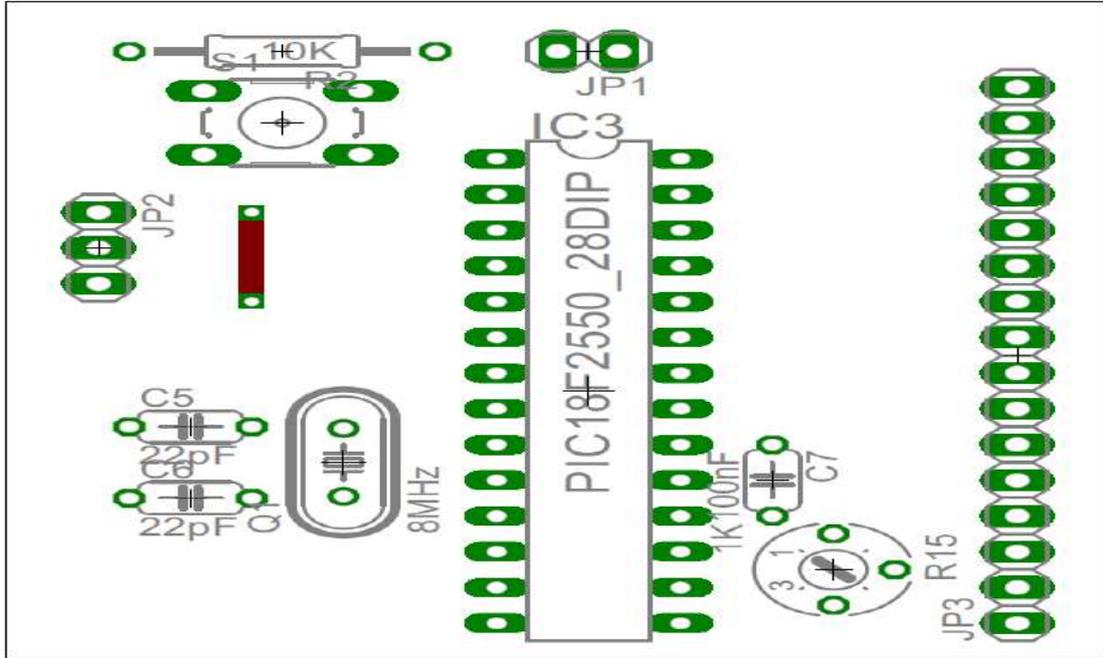


Figure 74 : Schéma du montage de la carte d'affichage

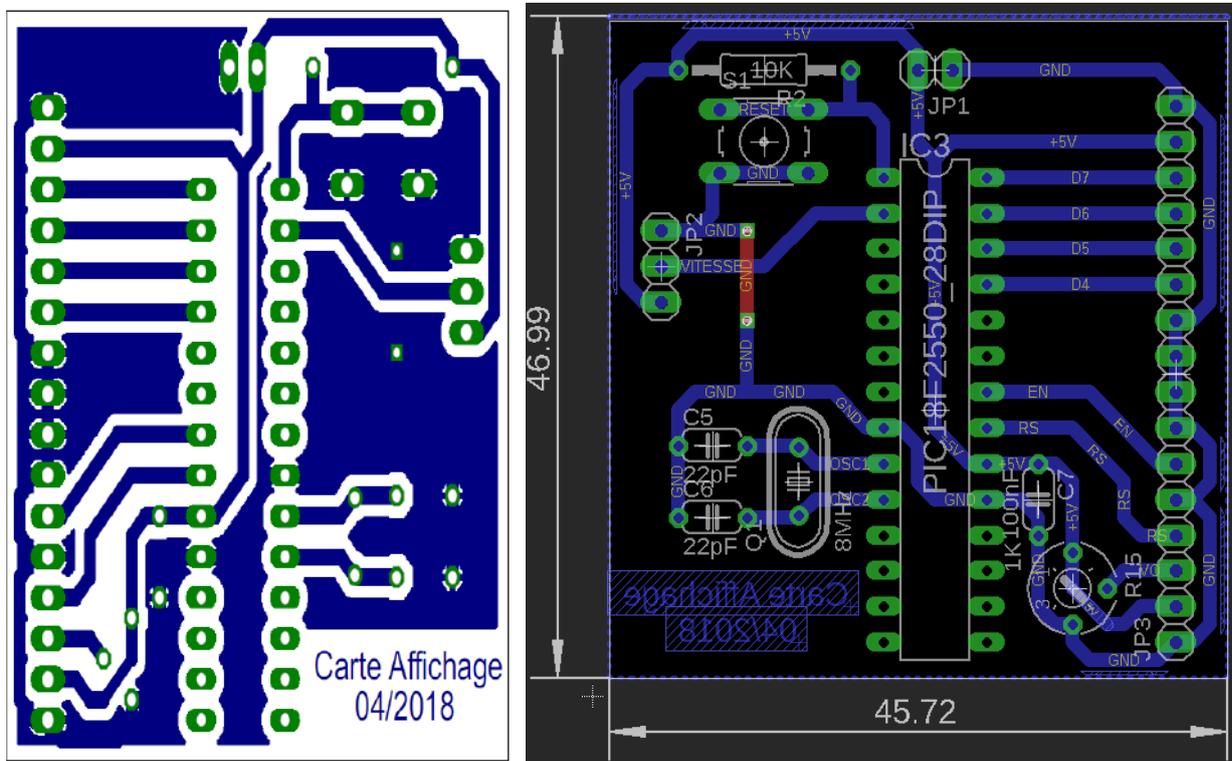


Figure 75 : Routage et typon de la carte d'affichage

4. REALISATION PRATIQUE

4.1 Carte de commande

Face composants

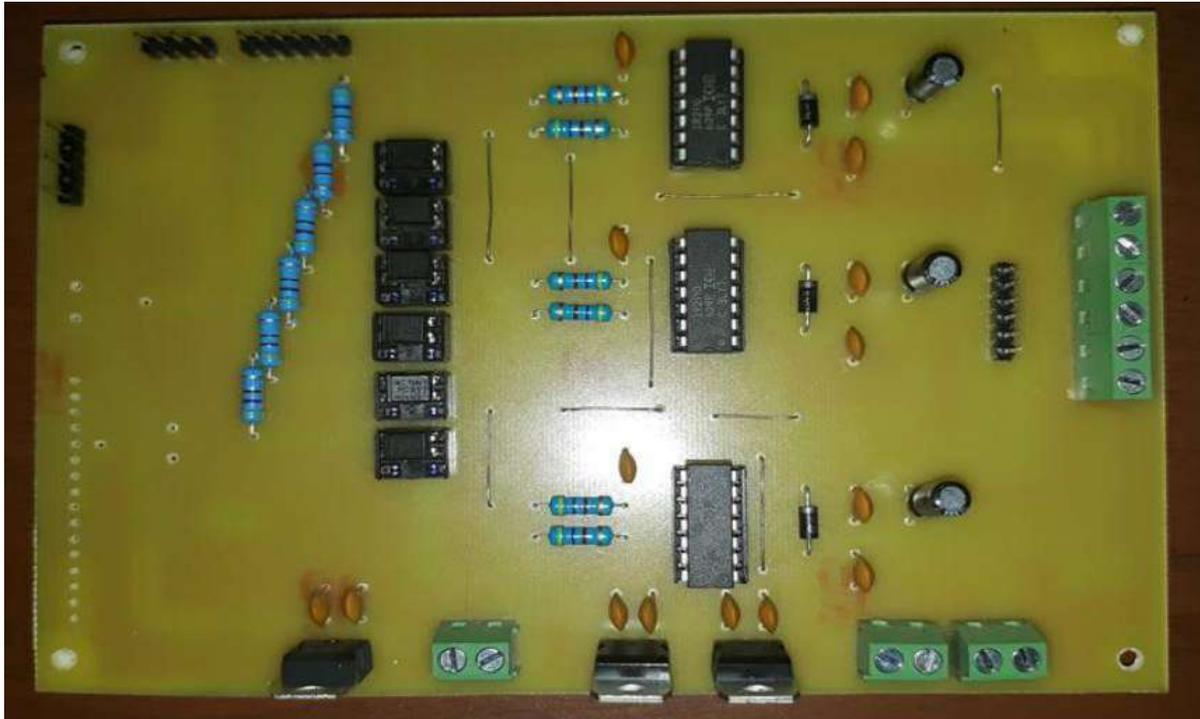


Figure 76: Face composants de la carte de commande

Face soudure

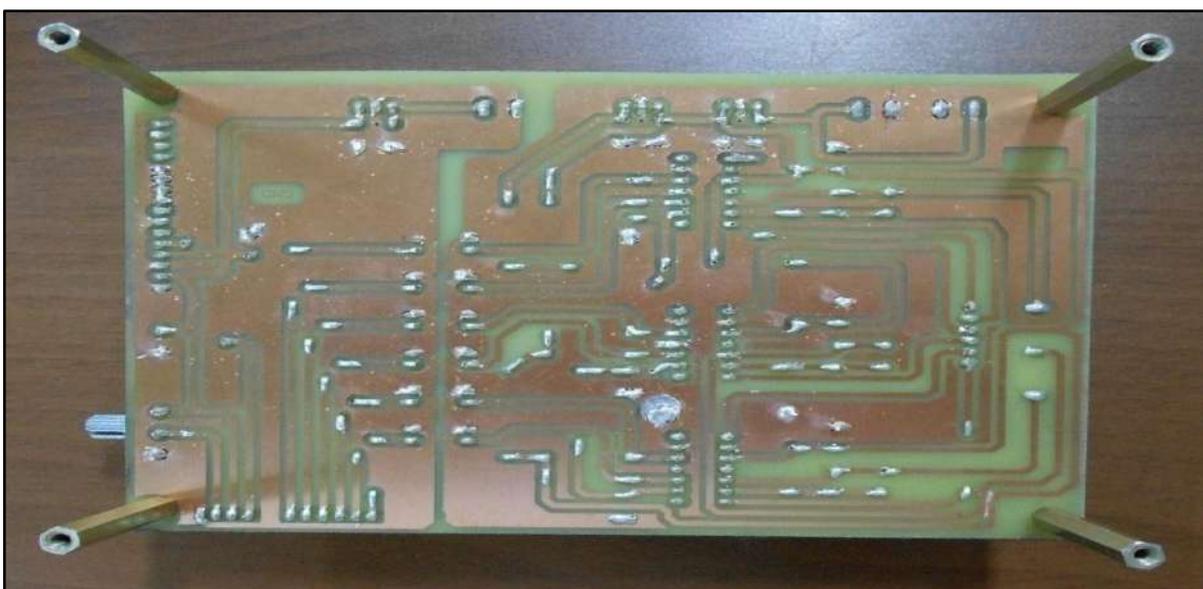


Figure 77: Face soudure de la carte de commande

4.1.1 Montage

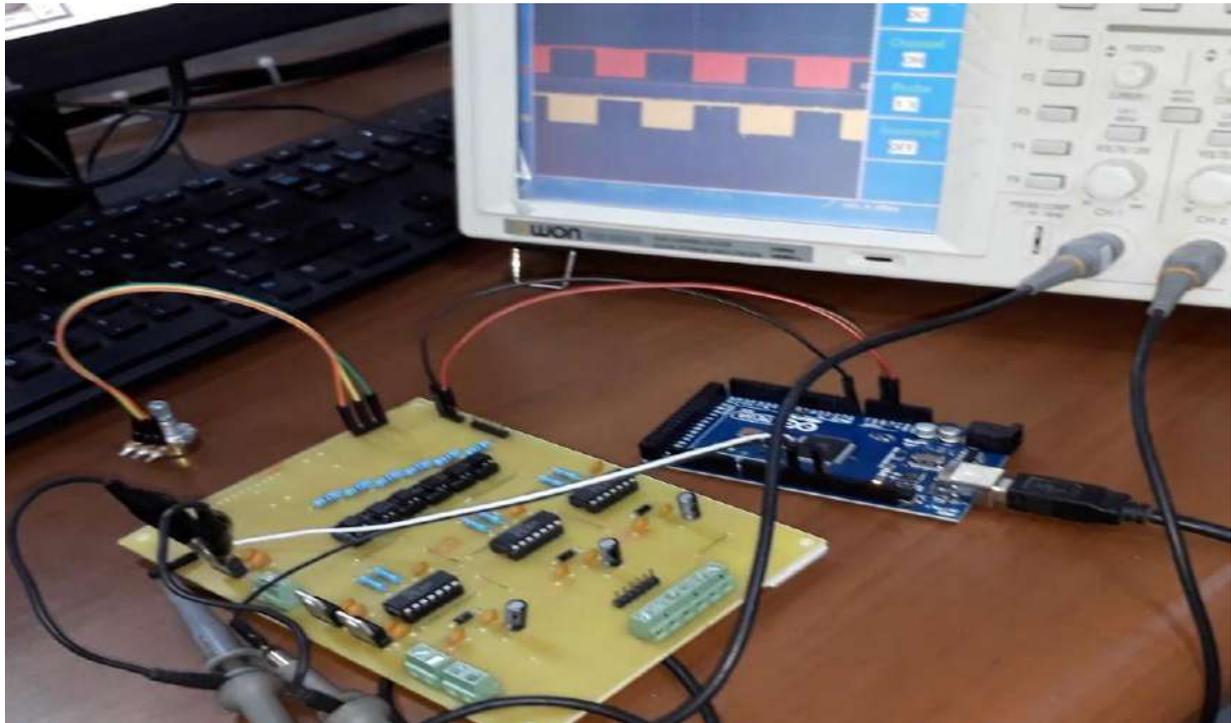


Figure 78: Montage de la carte de commande

4.1.2 Visualisation sur oscilloscope

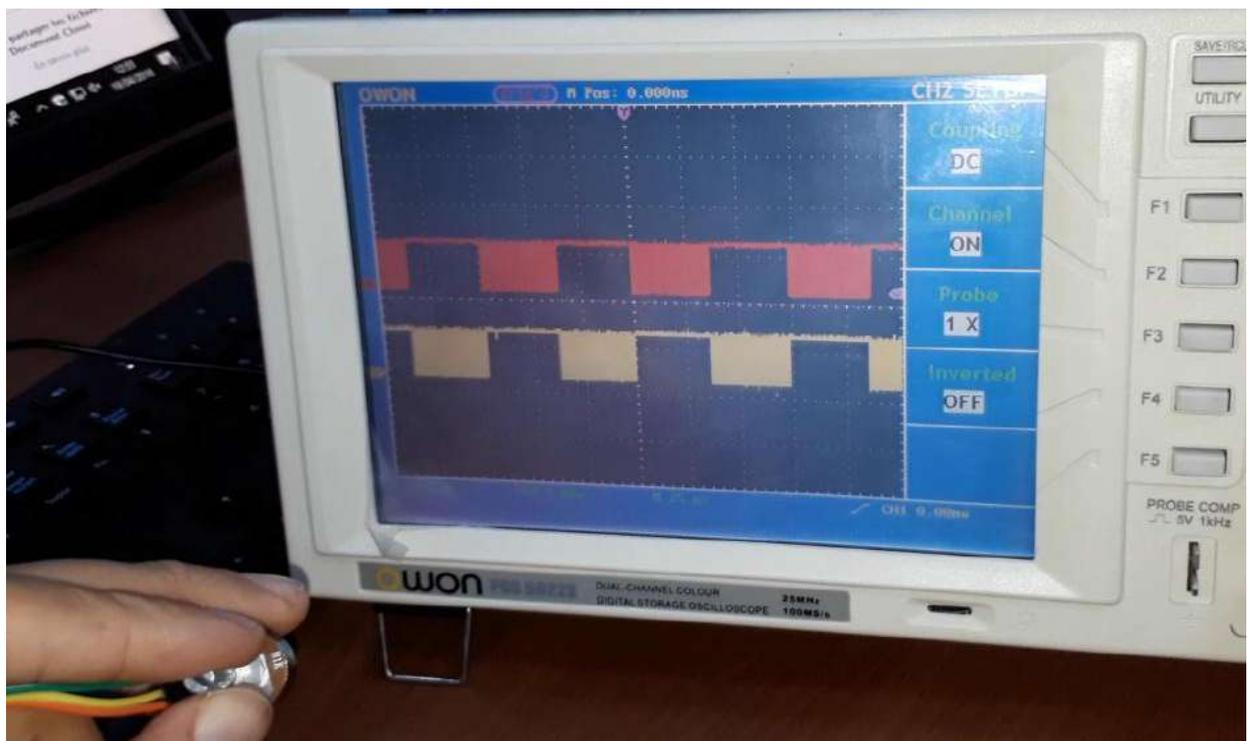


Figure 79: Visualisation des signaux de commande

4.2 Carte de puissance

Face composants

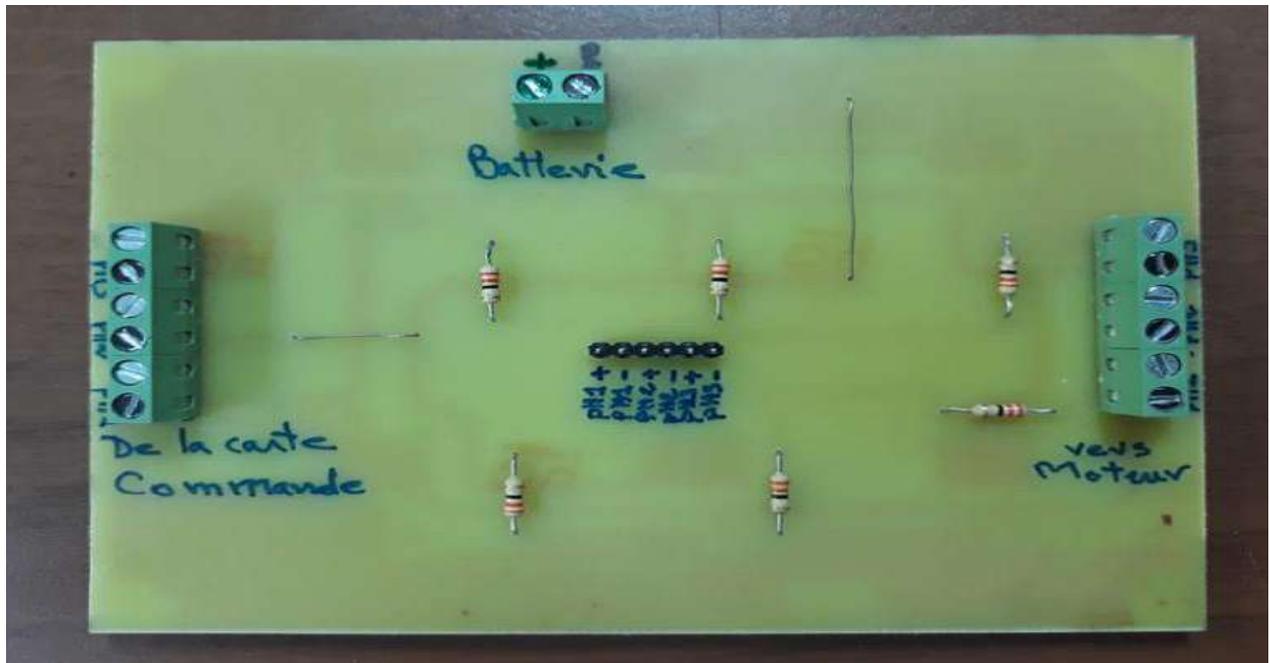


Figure 80: Face composants de la carte de puissance

Face soudure

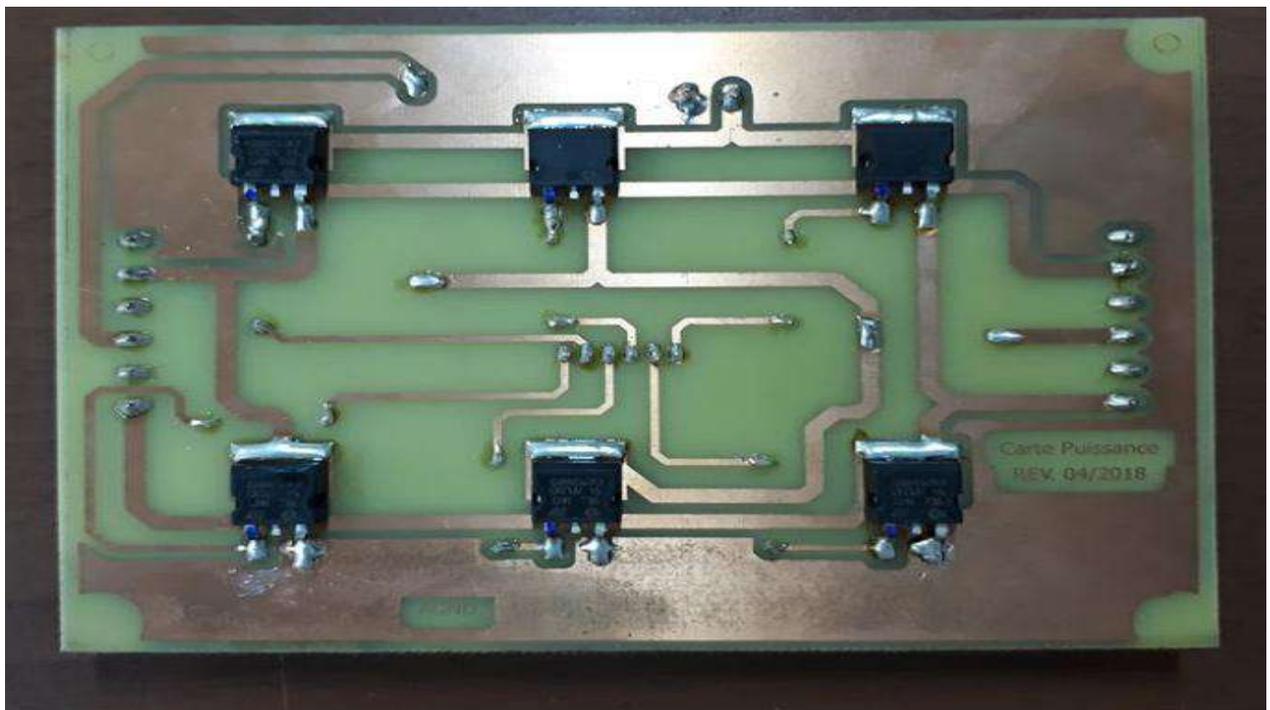


Figure 81: Face soudure de la carte de puissance

4.3 Carte d'affichage

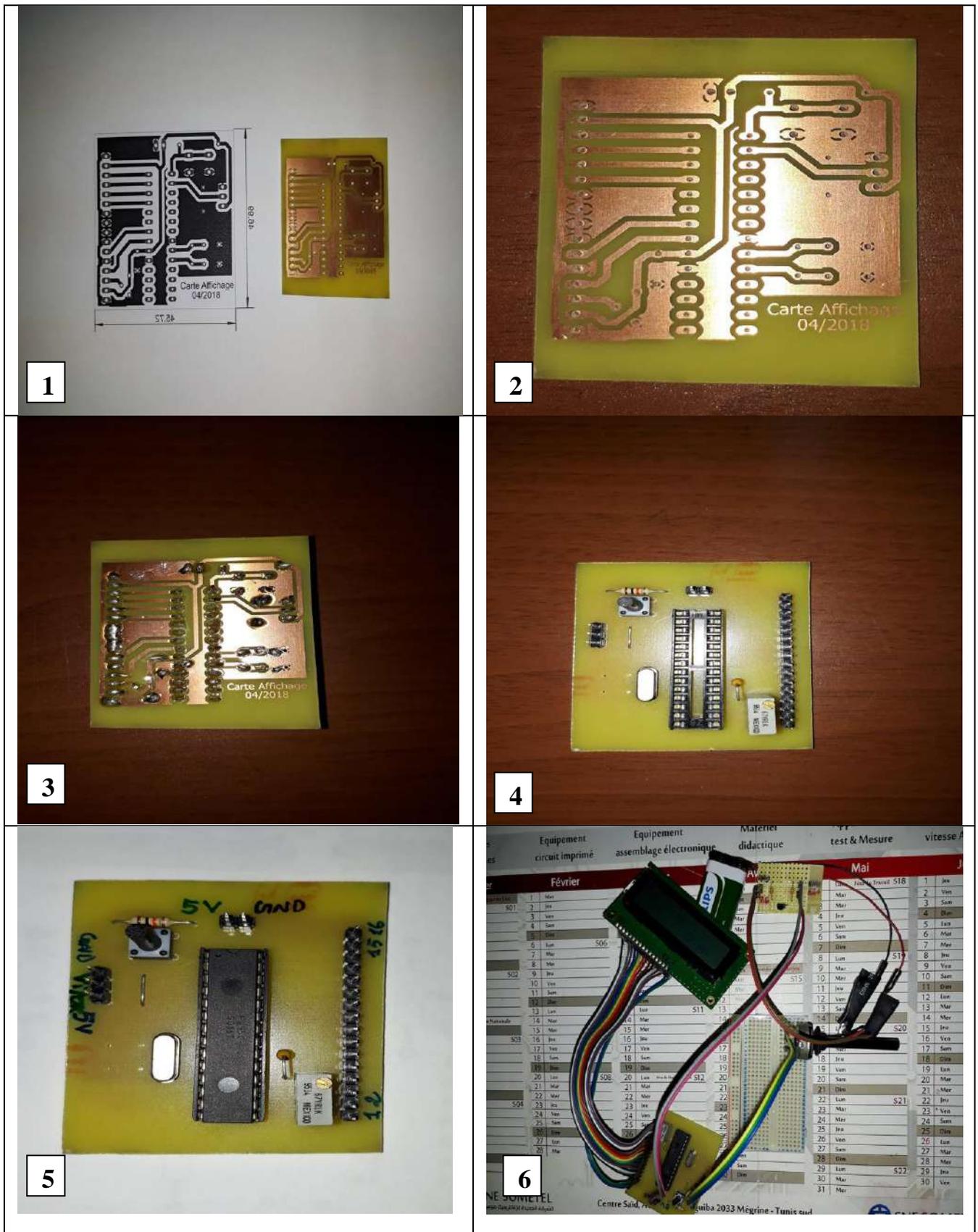


Figure 82 : Carte d'affichage

4.4 Boîtier du variateur

4.4.1 Plan de réalisation 3D de boîtier

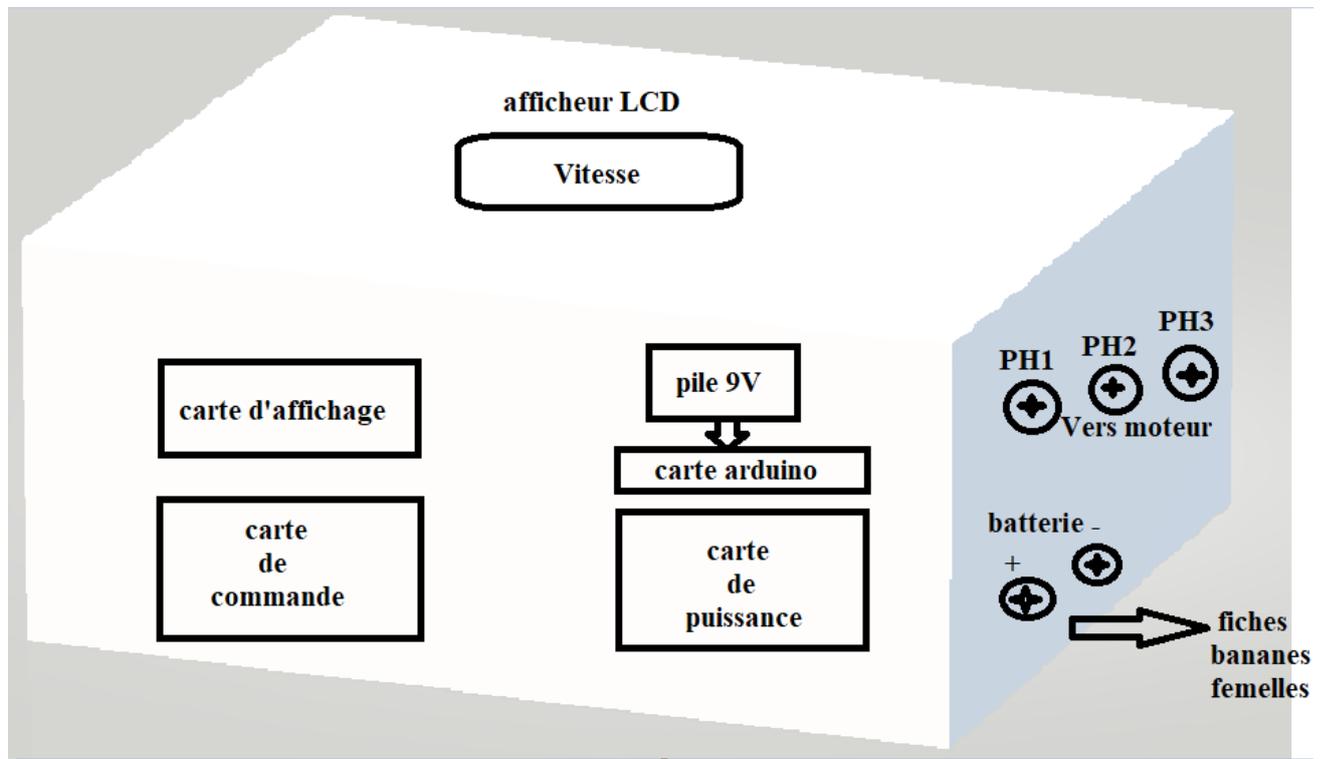


Figure 83 : Plan de réalisation du boîtier

4.4.2 Fixation des cartes et câblages

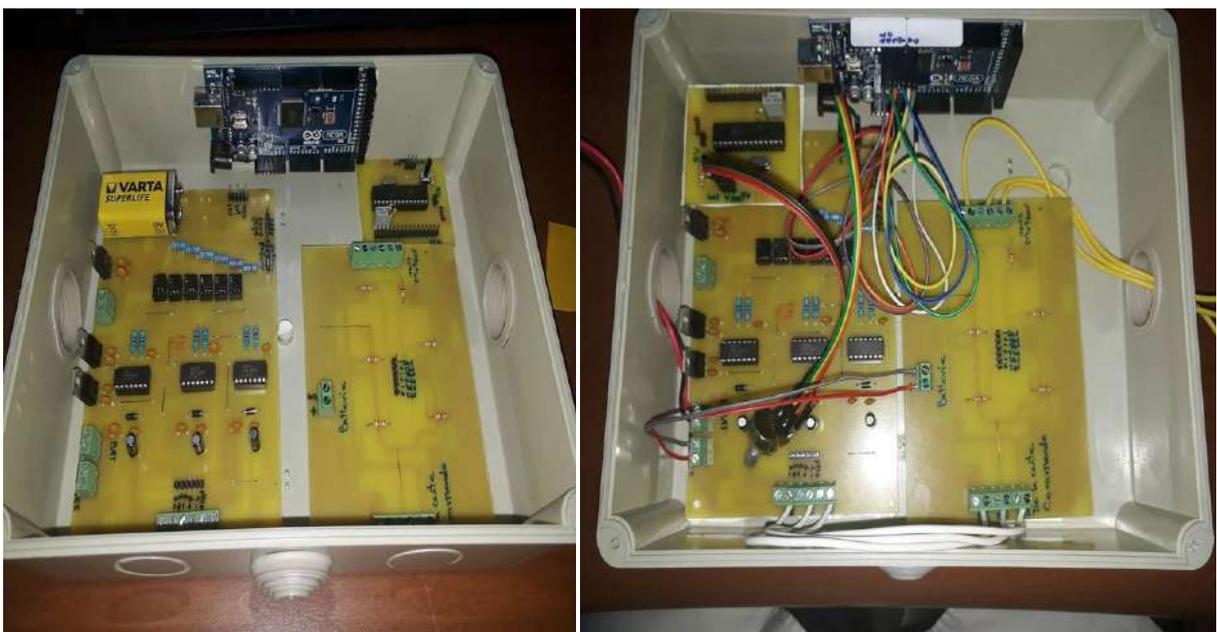


Figure 84 : Fixation des cartes et câblages





ATTENTION



WARNING

GTG

- Le dépassement des valeurs sur la plaque signalétique du variateur est interdit !
- Assurez-vous que les câbles conduit avant de faire les liaisons.
- Effectuer la maintenance ou l'inspection après avoir éteint le variateur.

- Exceeding the values on the drive nameplate is forbidden !
- Make sure the cables are driving before the connections.
- Perform maintenance or inspection after turning off the drive.



Variateur de vitesse à base d'onduleur avec arduino			
GTGv01	KHAZRI Ghazi Etudiant à l'ISET de Nabeul	GTG-V01-AC 3 ~ Variateur 	
$U_{\text{variateur}} = 380 \dots 400 \text{ V}$	$U_{\text{moteur}} = 380 \dots 400 \text{ V}$		
$I_{\text{variateur}} = 8 \text{ A}$	$I_{\text{moteur}} = 1 \text{ A}$		
$N_{\text{variateur}} = 1500 \text{ tr/min}$	$P_{\text{moteur}} = 0.33 \text{ Kw}$	$N_{\text{moteur}} = 1432 \text{ tr/min}$	
Valeurs supportées par le variateur		Valeurs du moteur d'essai	
Plaque signalétique du Variateur	PFE 2018 Fin de fabrication 28/05/2018	Fabriqué par KHAZRI Ghazi 	

Figure 85 : Photo du variateur

5. ETUDE ECONOMIQUE

Composants et référence	Quantité	Prix
ARDUINO MEGA 2560 R3 VC avec Paquet	1 unité	69.000 DT
Wires jumpers male/male 20cm Lot de 40 fils	1 unité	8.000 DT
Wires jumpers male/femelle 20cm Lot de 40 fils	1 unité	8.000 DT
Barelle SIL Male 29P 2.54mm	1 unité	0.870 DT
Pile 9V Varta SUPERLIFE Connecteur de pression	1 unité	3.000 DT
Pile 9V Câble 30Cm avec connecteur Jack 2.5mm	1 unité	2.500 DT
POTNETIOMETRE 20 TOURS 5% 1Kohm	1 unité	0.950 DT
POTNETIOMETRE linéaire 1Kohm, Tige M5XL20	1 unité	3.000 DT
Resistance 470ohm 1/2w 5%	7 unités	0.630 DT
Support double lyre 6 broches	6 unités	0.840 DT
Régulateur 15V TO220 7815CH	1 unité	0.550 DT
Régulateur 15V TO220 7805CT, CH	2 unités	1.100 DT
Dissipateur Thermique TO- 220-21K/W, V8508B-L	1 unité	1.700 DT
Condensateur céramique 100nf 50v	16 unités	1.600 DT
Bornier 2P × 5mm	14 unités	5.600 DT
Résistance 4.7Kohm 1/4w 5%	6 unités	0.280 DT
Support double lyre broche	1 unité	0.450 DT
Résistance 33ohm 1/4w 5%	6 unités	0.280 DT
Résistance 1.0Kohm 1/4w 5%	10 unités	0.400 DT
IGBT 50N60	6 unités	132.000 DT
Power Bank aXis 5V 5200mAh	1 unité	10.000 DT

Ventilateur astrum 5VDC	1 unité	15.000 DT
Fabrication de boîtier en plastique + accessoires	1 unité	50.000 DT
Carte d'affichage	1 unité	30.000 DT
PC 817	6 unités	3.900 DT
IR2110	3 unités	13.980 DT
Condensateur 4.7uF	3 unités	0.150 DT
PIC18F2550	1 unité	14.665 DT
Support 28 pattes	1 unité	0.400 DT
Résistance 10K ¼ w	1 unité	0.050 DT
Bouton PCB	1 unité	0.338 DT
Barette connecteur heauser mal double	1 unité	1.410 DT
Condo. Céramique 100 nF	1 unité	0.095 DT
Potentiomètre sans axe 1K	1 unité	1.934 DT
Condo. Céramique 22 nF	2 unités	0.070 DT
Quartz 8 MHz	1 unité	0.795 DT
LCD 2*16	1 unité	29.775 DT
Carte commande	1 unité	160.000 DT
Carte de puissance	1 unité	160.000 DT
Formation réalisation des cartes, perçage et soudure	1 unité	400.000 DT
Totale	*****	1128.812 DT

Tableau 3 : Etude économique

6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, j'ai réalisé un variateur de vitesse à base d'onduleur à MLI pour un moteur asynchrone triphasé piloté par arduino et j'ai présenté les différentes simulations de ces essais.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce travail porte essentiellement sur l'étude, au profit de l'usine GINOR du changement d'un moteur à courant continu, présentant des pannes fréquentes, par un moteur asynchrone triphasé commandé par un variateur de fréquence.

J'ai étudié le choix du moteur asynchrone ainsi que son variateur. J'ai fait la simulation du fonctionnement en comparant la commande pleine onde et M.L.I. et en montrant l'avantage de cette dernière. En outre j'ai effectué la réalisation pratique du variateur dans laquelle j'ai rencontré plusieurs difficultés que j'ai pu résoudre.

Certes, des améliorations peuvent être apportées au niveau de la commande du variateur. Elles consistent à le commander par d'autres circuits spéciaux ou par automate via les bus de communication.

Ce travail m'a permis d'élargir mes connaissances dans le domaine de l'électronique de puissance et de commande ainsi que la maîtrise de l'outil de simulation et la réalisation des cartes électroniques.

ANNEXES



Caractéristiques techniques

Moteurs fonte IE2, 3000 tr/min

IP 55 - IC 411 - Classe d'isolation F, classe d'échauffement B
IE2 classe de rendement selon CEI 60034-30-1; 2014

Puissance kW	Type de moteur	Code produit	Vitesse tr/min	Rendement CEI 60034-30-1; 2014			Facteur de puissance Cos φ	Courant Couple					Moment d'inertie J = 1/4 GD ² kgm ²	Masse kg	Niveau pression sonore L _{PA} dB
				Pleine charge 100 %	3/4 charge 75 %	1/2 charge 50 %		I _N A	I _s /I _N	C _N Nm	C _v /C _N	C _b /C _N			
3000 tr/min = 2 pôles				400 V 50 Hz				Conception CENELEC							
0,37	M3BP 71 MA 2	3GBP071321-••B	2768	74,8	74,7	71,0	0,78	0,91	4,5	1,27	2,2	2,3	0,000390	11	58
0,55	M3BP 71 MB 2	3GBP071322-••B	2813	77,8	78,3	76,0	0,79	1,29	4,3	1,86	2,4	2,5	0,000510	11	56
0,75	M3BP 80 MB 2	3GBP081322-••B	2895	80,6	79,9	76,2	0,74	1,81	7,7	2,4	4,2	4,2	0,00100	16	57
1,1	M3BP 80 MC 2	3GBP081323-••B	2870	81,8	82,4	80,2	0,80	2,4	7,5	3,6	2,7	3,5	0,00120	18	60
1,5	M3BP 90 SLB 2	3GBP091322-••B	2900	82,2	84,1	82,7	0,86	3,0	7,5	4,9	2,5	2,6	0,00254	24	69
2,2	M3BP 90 SLC 2	3GBP091323-••B	2885	84,7	86,7	85,7	0,87	4,3	6,8	7,2	1,9	2,5	0,00280	25	64
3	M3BP 100 LB 2	3GBP101322-••B	2925	85,2	84,9	82,8	0,86	5,9	9,1	9,7	3,1	3,5	0,00528	36	68
4	M3BP 112 MB 2	3GBP111322-••B	2895	86,1	87,0	86,6	0,86	7,7	8,1	13,1	2,9	3,2	0,00575	37	70
5,5	M3BP 132 SMB 2	3GBP131322-••B	2865	88,0	88,6	88,0	0,86	10,4	7,0	18,3	2,0	2,7	0,01275	68	70
7,5	M3BP 132 SMC 2	3GBP131324-••B	2890	88,6	88,8	87,5	0,84	14,5	7,3	24,7	2,0	3,6	0,01359	70	70
11	M3BP 160 MLA 2	3GBP161031-••G	2938	90,6	91,5	91,1	0,90	19,2	7,5	35,7	2,4	3,1	0,044	127	69
15	M3BP 160 MLB 2	3GBP161036-••G	2934	91,5	92,4	92,2	0,90	26,0	7,5	48,8	2,5	3,3	0,053	141	69
18,5	M3BP 160 MLC 2	3GBP161037-••G	2932	92,0	93,1	93,1	0,92	31,5	7,5	60,2	2,9	3,4	0,063	170	69
22	M3BP 180 MLA 2	3GBP181031-••G	2952	92,2	92,7	92,2	0,87	39,5	7,7	71,1	2,8	3,3	0,076	190	69
30	M3BP 200 MLA 2	3GBP201035-••G	2956	93,1	93,5	92,8	0,90	51,6	7,7	96,9	2,7	3,1	0,178	283	72
37	M3BP 200 MLB 2	3GBP201036-••G	2959	93,4	93,7	92,9	0,90	63,5	8,2	119	3,0	3,3	0,196	298	72
45	M3BP 225 SMA 2	3GBP221031-••G	2961	93,6	93,9	93,1	0,88	78,8	6,7	145	2,5	2,5	0,244	347	74
55	M3BP 250 SMA 2	3GBP251031-••G	2967	94,1	94,4	93,8	0,88	95,8	6,8	177	2,2	2,7	0,507	405	75
75	³⁾ M3BP 280 SMA 2	3GBP281210-••G	2978	94,3	94,1	92,8	0,88	130	7,6	240	2,1	3,0	0,800	625	77
90	³⁾ M3BP 280 SMB 2	3GBP281220-••G	2976	94,6	94,5	93,5	0,90	152	7,4	288	2,1	2,9	0,900	665	77
110	³⁾ M3BP 315 SMA 2	3GBP311210-••G	2982	94,9	94,4	92,9	0,86	194	7,6	352	2,0	3,0	1,20	940	78
132	³⁾ M3BP 315 SMB 2	3GBP311220-••G	2982	95,1	94,8	93,6	0,88	227	7,4	422	2,2	3,0	1,40	940	78
160	³⁾ M3BP 315 SMC 2	3GBP311230-••G	2981	95,4	95,2	94,2	0,89	271	7,5	512	2,3	3,0	1,70	1025	78
200	³⁾ M3BP 315 MLA 2	3GBP311410-••G	2980	95,7	95,7	94,9	0,90	335	7,7	640	2,6	3,0	2,10	1190	78
250	³⁾ M3BP 355 SMA 2	3GBP351210-••G	2984	95,7	95,5	94,5	0,89	423	7,7	800	2,1	3,3	3,00	1600	83
315	³⁾ M3BP 355 SMB 2	3GBP351220-••G	2980	95,7	95,7	95,1	0,89	533	7,0	1009	2,1	3,0	3,40	1680	83
355	³⁾ M3BP 355 SMC 2	3GBP351230-••G	2984	95,7	95,7	95,2	0,88	608	7,2	1136	2,2	3,0	3,60	1750	83
400	³⁾ M3BP 355 MLA 2	3GBP351410-••G	2982	96,9	96,6	95,9	0,88	677	7,1	1280	2,3	2,9	4,10	2000	83
450	³⁾ M3BP 355 MLB 2	3GBP351420-••G	2983	97,1	97,0	96,4	0,90	743	7,9	1440	2,2	2,9	4,30	2080	83
500	³⁾ M3BP 355 LKA 2	3GBP351810-••G	2982	96,9	96,9	96,5	0,90	827	7,5	1601	2,0	3,9	4,80	2320	83
560	²⁾ M3BP 400 LA 2	3GBP401510-••G	2988	97,2	97,2	96,6	0,89	934	7,8	1789	2,1	3,4	7,90	2950	82
560	²⁾ M3BP 400 LKA 2	3GBP401810-••G	2988	97,2	97,2	96,6	0,89	934	7,8	1789	2,1	3,4	7,90	2950	82
560	³⁾ M3BP 355 LKB 2	3GBP351820-••G	2983	97,0	97,0	96,5	0,90	925	8,0	1792	2,2	4,1	5,20	2460	83
630	²⁾ M3BP 400 LB 2	3GBP401520-••G	2987	97,4	97,4	96,9	0,89	1048	7,8	2014	2,2	3,4	8,20	3050	82
630	²⁾ M3BP 400 LKB 2	3GBP401820-••G	2987	97,4	97,4	96,9	0,89	1048	7,8	2014	2,2	3,4	8,20	3050	82
710	²⁾ M3BP 400 LC 2	3GBP401530-••G	2987	97,5	97,4	97,0	0,89	1180	7,8	2269	2,6	3,4	9,30	3300	82
710	²⁾ M3BP 400 LKC 2	3GBP401830-••G	2987	97,5	97,4	97,0	0,89	1180	7,8	2269	2,6	3,4	9,30	3300	82
800	¹⁾²⁾ M3BP 450 LA 2	3GBP451510-••G	2990	97,2	97,1	96,4	0,88	1349	7,8	2554	1,3	3,2	12,5	4000	85
900	¹⁾²⁾ M3BP 450 LB 2	3GBP451520-••G	2990	97,3	97,2	96,6	0,88	1517	7,8	2874	1,5	3,1	14,0	4200	85
1000	¹⁾⁴⁾ M3BP 450 LC 2	3GBP451530-••G											15,5	4400	85

¹⁾ Classe d'échauffement F

²⁾ Ventilateur unidirectionnel, code option 044 ou 045, obligatoire

³⁾ Réduction du niveau de pression sonore 3 dB(A) avec ventilateur unidirectionnel. Le sens de rotation doit être indiqué à la commande, voir les codes options 044 et 045

⁴⁾ Données sur demande

Annexe 2 : choix du moteur

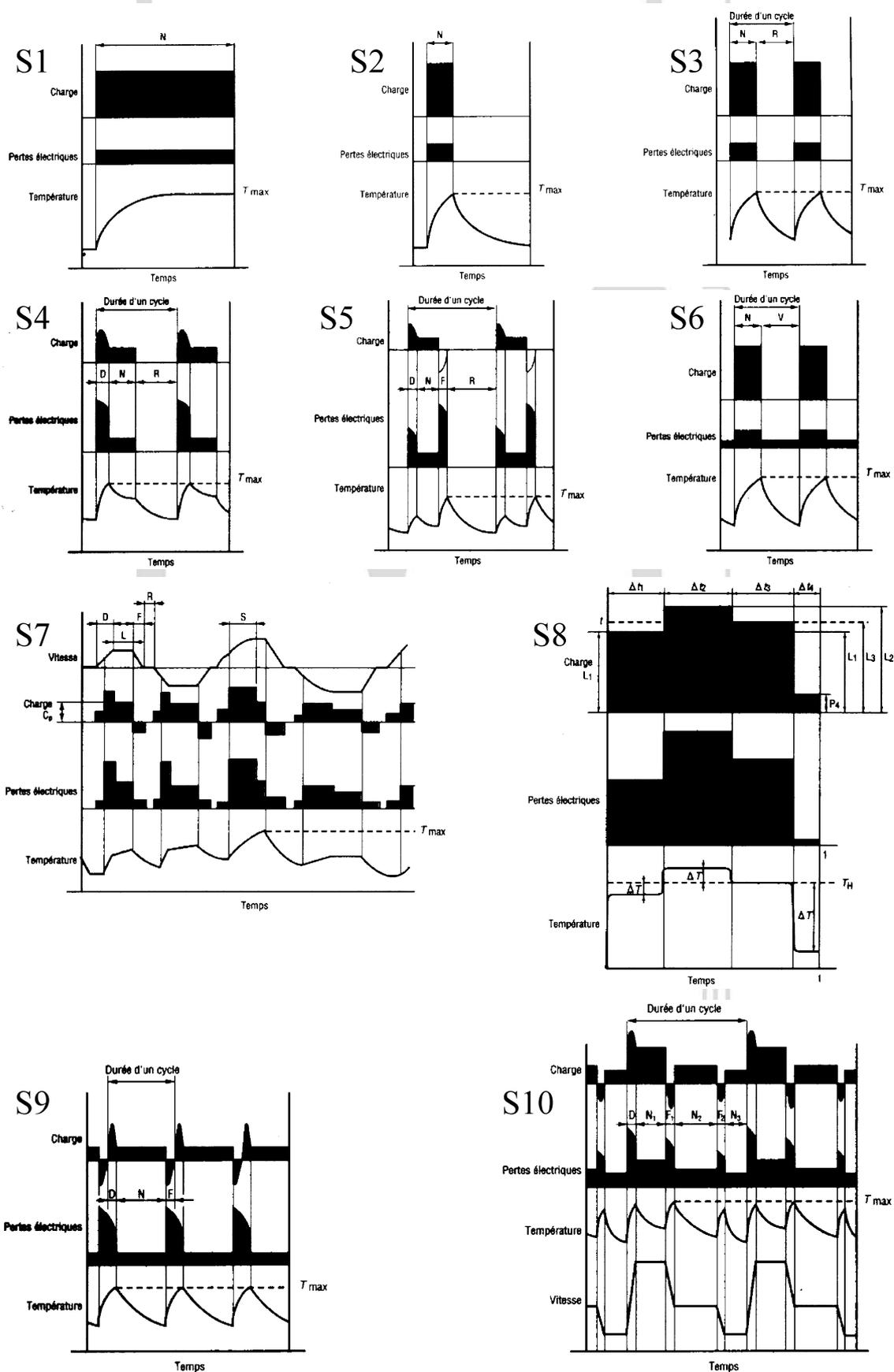
Philippe LE BRUN
 Lycée Louis ARMAND
 173 Bd de Strasbourg
 94736 NOGENT sur Marne

Florence.vadee@wanadoo.fr

☎ : 01 45 14 28 28

📠 : 01 48 73 63 15

3. Il faut ensuite définir le **type de service** pour le moteur :



- a) **Service continu - Service type S1** : Fonctionnement à charge constante nominale d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint. Fdm (facteur de marche) = 1 et n (nombre de démarrages équivalent par heure) ≤ 6 .
- b) **Service temporaire - Service type S2** : Fonctionnement à charge constante nominale pendant un temps déterminé N, moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un repos d'une durée suffisante pour rétablir à 2° C près l'égalité de température entre la machine et le fluide de refroidissement. Fdm selon cahier des charges et n = 1.
- c) **Service Intermittent périodique - Service type S3** : Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de repos R. Dans ce service, le cycle est tel que le courant de démarrage n'affecte pas l'échauffement de façon significative. Fdm = $N/N+R$ et n = 0.
- d) **Service intermittent périodique à démarrage - Service type S4** : Suite de cycles de service identiques comprenant une période appréciable de démarrage D, une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de repos R. Fdm = $N+D/N+D+R$ et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule.
- e) **Service intermittent périodique à freinage électrique - Service type S5** : Suite de cycles de service périodiques comprenant chacun une période de démarrage D, une période de fonctionnement à charge constante nominale N, une période de freinage électrique rapide F et une période de repos R. Fdm = $N+D+F/N+D+F+R$ et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule.
- f) **Service ininterrompu périodique à charge intermittente - Service type S6** : Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de fonctionnement à vide V. Il n'existe pas de période de repos. Fdm = $N/N+V$ et n = 0. Calcul de P pour régime intermittent.
- g) **Service ininterrompu périodique à freinage électrique - Service type S7** : Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de démarrage D, une période de fonctionnement à charge constante L et une période de freinage électrique F. Il n'existe pas de période de repos. Fdm = 1 et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule.
- h) **Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et vitesse - Service type S8** : Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante L1 correspondant à une vitesse de rotation prédéterminée, suivie d'une ou plusieurs périodes de fonctionnement à d'autres charges constantes L2 L3 correspondant à différentes vitesses de rotation. Il n'existe pas de période de repos. Fdm = 1 et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule. Calcul de P pour régime intermittent.
- i) **Service à variations non périodiques de charge et de vitesse - Service type S9** : Service dans lequel la charge et la vitesse ont une variation non périodique dans la plage de fonctionnement admissible. Ce service inclut fréquemment des surcharges appliquées qui peuvent être largement supérieures à la pleine charge. Pour ce service type, des valeurs appropriées à pleine charge devront être considérées comme bases du concept de surcharge. Fdm = 1 et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule. Calcul de P pour régime intermittent.
- j) **Service à régimes constants distincts - Service type S10** : Service comprenant au plus quatre valeurs distinctes de charges (ou charges équivalentes), chaque valeur étant appliquée pendant une

durée suffisante pour que la machine atteigne l'équilibre thermique. La charge minimale pendant un cycle de charge peut avoir la valeur zéro (fonctionnement à vide ou temps de repos). $F_{dm} = 1$ et $n = 0$. Calcul de P pour régime intermittent.

Détermination de la puissance apparente en fonction des services **S1 à S10**

$$P_a = \sqrt{\frac{n \times t_d \times \left[\frac{I_d}{I_n} \times P_n \right]^2 + (3600 - n \times t_d) P_u^2 \times F_{dm}}{3600}}$$

Dans laquelle :

t_d : temps de démarrage avec un moteur de puissance P_n (s)

n : nombre de démarrages équivalent par heure $n = n_D + 3.n_F + 0,5.n_i$

n_D : nombre de démarrages dans l'heure

n_F : nombre de freinages électriques dans l'heure

n_i : nombre d'impulsion (démarrage incomplet jusqu'à 1/3 de la vitesse finale) dans l'heure

F_{dm} : facteur de marche (%) = durée de fonctionnement à P_u / durée totale du cycle

I_d/I_n : appel de courant avec un moteur de puissance P_n

P_u : puissance utile du moteur pendant le cycle d'utilisation hors démarrage

P_n : puissance nominale du moteur pressenti

Pour les régimes à charges intermittentes :

$$P_u = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

- Les P_i inférieures à $\frac{P_n}{2}$ (puissance nominale moteur) seront remplacées par $\frac{P_n}{2}$
- Aucun des P_i ne dépassera $2 \times P$
- Le temps de démarrage réel ne dépasse pas 5 s
- Le couple accélérateur reste toujours suffisant sur la période de démarrage

4. Il est possible de sélectionner un moteur en fonction de la **puissance** et de la **vitesse** désirée.

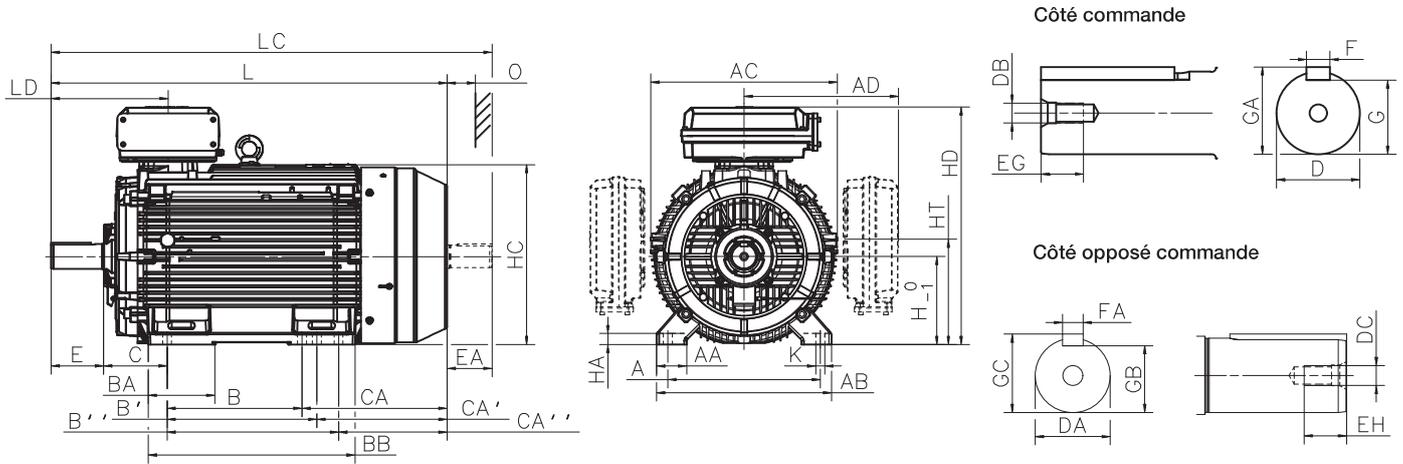
Ce choix est valable pour des conditions d'utilisation normales suivantes (norme CEI 34-1)

- Température ambiante comprise entre + 5 et + 40 °C,
- Altitude inférieure à 1000 m,
- Pression atmosphérique : 1050 m bar,
- Mode de refroidissement IC 411,
- Taux harmonique < 10%,
- Déséquilibre de tension < 2%,
- Tension d'alimentation de 230 V / 400 V 50 Hz +/- 10%,
- Chute de tension maximale entre le point de livraison et le point d'utilisation < 4%,
- Classe d'isolation F,
- Degrés de protection IP 55.

Pour des conditions d'emploi différentes, on appliquera le(s) coefficient(s) de correction de la puissance avant de prédéterminer notre moteur.

Schémas d'encombrement

Moteurs fonte à pattes, 280 - 315



Options de montage IM B3 (IM 1001), IM B6 (IM 1051), IM B7 (IM 1061), IM B8 (IM 1071), IM V5 (IM 1011), IM V6 (IM 1031)

Taille du moteur	Pôles	A	AA	AB	AC	AD ¹⁾	AD ²⁾	B	B'	B''	BA	BB	C	CA	CA'	CA''	D	DA	DB	DC	E
280 SM ₋	2	457	84	530	577	481	-	368	419	-	147	506	190	400	349	-	65	60	M20	M20	140
	4-12	457	84	530	577	481	-	368	419	-	147	506	190	400	349	-	75	65	M20	M20	140
280 ML ₋	2	457	84	530	577	-	504	419	457	-	193	608	190	400	349	-	65	60	M20	M20	140
	4-12	457	84	530	577	481	504	419	457	-	193	608	190	400	349	-	75	65	M20	M20	140
315 SM ₋	2	508	100	590	654	545	-	406	457	-	180	558	216	420	369	-	65	60	M20	M20	140
	4-12	508	100	590	654	545	-	406	457	-	180	558	216	420	369	-	80	75	M20	M20	170
315 ML ₋	2	508	100	590	654	545	-	457	508	-	212	669	216	480	429	-	65	60	M20	M20	140
	4-12	508	100	590	654	545	-	457	508	-	212	669	216	480	429	-	90	75	M24	M20	170
315 LK ₋	2	508	100	590	654	562	576	508	560	710	336	851	216	635	583	433	65	60	M20	M20	140
	4-12	508	100	590	654	562	576	508	560	710	336	851	216	635	583	433	90	75	M24	M20	170

Taille du moteur	Pôles	EA	EG	EH	F	FA	G	GA	GB	GC	H	HA	HC	HD ¹⁾ des-sus	HD ²⁾ des-sus	HT	K	L	LC	LD des-sus	LD côté	O
280 SM ₋	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	280	31	564	762	-	337,5	24	1088	1238	336	539	100
	4-12	140	40	40	20	18	67,5	79,5	58	69	280	31	564	762	-	337,5	24	1088	1238	336	539	100
280 ML ₋	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	280	31	564	-	785	337,5	24	1189	1340	336	590	100
	4-12	140	40	40	20	18	67,5	79,5	58	69	280	31	564	762	785	337,5	24	1189	1340	336	590	100
315 SM ₋	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	315	40	638	852	-	375	28	1174	1322	356	585	115
	4-12	140	40	40	22	20	71	85	67,5	79,5	315	40	638	852	-	375	28	1204	1352	386	615	115
315 ML ₋	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	315	40	638	852	-	375	28	1285	1433	356	640	115
	4-12	140	48	40	25	20	81	95	67,5	79,5	315	40	638	852	-	375	28	1315	1463	386	670	115
315 LK ₋	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	315	40	638	852	880	359	28	1491	1639	356	721	115
	4-12	140	48	40	25	20	81	95	67,5	79,5	315	40	638	852	880	359	28	1521	1669	386	751	115

Tolérances

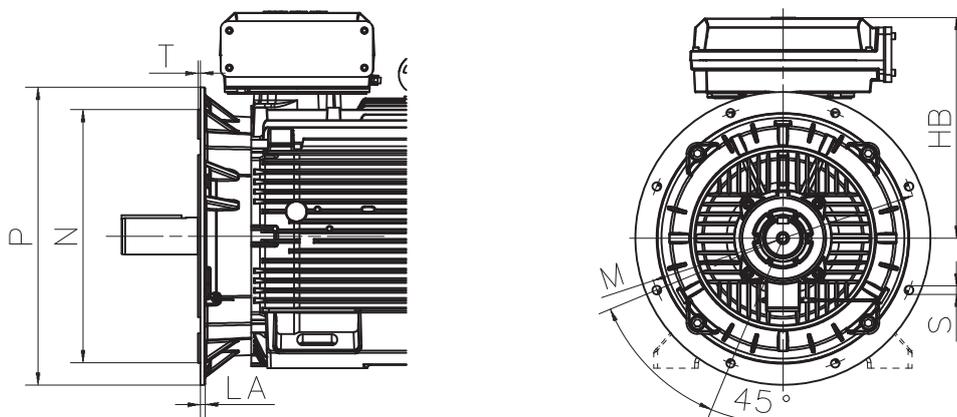
A, B	± 0,8
C, CA	± 0,8
D	ISO k6 < Ø 50 mm ISO m6 > Ø 50 mm
F	ISO h9
H	+ 0 -0,5
N	ISO j6

Notes

- ¹⁾ Boîte à bornes 370
- ²⁾ Boîte à bornes 750

Schémas d'encombrement

Moteurs fonte à pattes/bride & à bride, 280 - 315



Options de montage IM B5 (IM 3001)V1, (IM 3011), V3 (IM 3031), IM B14 (IM 3601), V18 (IM 3611), V19 (IM 3631), IM B35 (IM 2001), IM V15 (IM 2011), IM V36 (IM 2031)

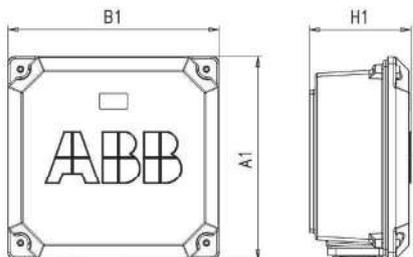
Taille du moteur	Pôles	HB ¹⁾	HB ²⁾	LA	M	N	P	S	T
280 SM ₋	2	482	-	23	500	450	550	18	5
	4-12	482	-	23	500	450	550	18	5
280 ML ₋	2	-	505	23	500	450	550	18	5
	4-12	482	505	23	500	450	550	15	5
315 SM ₋	2	537	-	25	600	550	660	23	6
	4-12	537	-	25	600	550	660	23	6
315 ML ₋	2	537	-	25	600	550	660	23	6
	4-12	537	-	25	600	550	660	23	6
315 LK ₋	2	537	565	25	600	550	660	23	6
	4-12	537	565	25	600	550	660	23	6

Tolérances		Notes
A, B	± 0,8	¹⁾ Boîte à bornes 370
D	ISO j6	²⁾ Boîte à bornes 750
F	ISO h9	
H	+0 à 0,1	
N	ISO j6 (280 SM ₋)	
	ISO js6 (315 ₋)	
C	± 0,8	

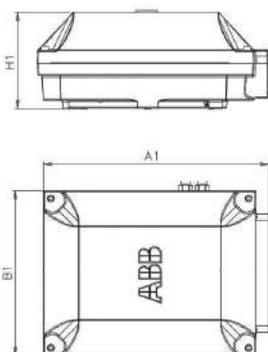
Boîte à bornes Dimensions des boîtes à bornes

Pour les tailles de moteur 71 à 132, la boîte à bornes est intégrée dans la carcasse du moteur et ses dimensions sont indiquées dans les schémas d'encombrement du moteur dans la bibliothèque ABB.

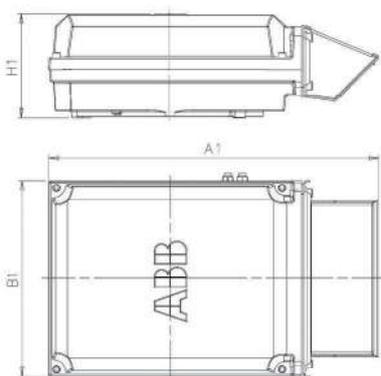
Pour trouver la boîte à bornes adaptée aux tailles de moteur 160 - 450, trouver le type de moteur et le type de boîte à bornes correspondante sur la page précédente. Les types de boîtes à borne et leurs dimensions sont présentés sur cette page.



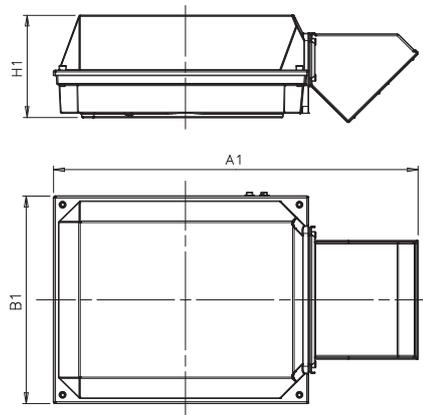
Types de boîtes à bornes 160, 260 et 350



Types de boîtes à bornes 210 et 370



Type de boîte à bornes 750 + adaptateur



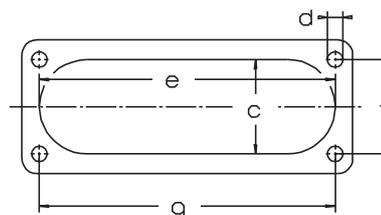
Type de boîte à bornes 1200 + adaptateur

Type de boîte à bornes selon la capacité de courant	A1	B1	H1
160	257	257	145
260	257	257	136
350	300	311	150
210	416	306	177
370	451	347	200
750 Installation sur le dessus	686	413	219
750 Installation sur le côté	525	413	219
1200 (code option 295)*	1000	578	285
1200 (code option 444)*	1195	578	285
1200 (code option 296)*	1250	578	285

* Boîte à bornes standard pour tailles de moteur 450.
Voir les adaptateurs optionnels pour plus d'informations.

Dimensions pour les entrées de la boîte à bornes

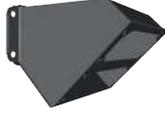
Correspond aux tailles de moteur 160 et supérieures



Ouverture à bride	c mm	e mm	f mm	g mm	d type de taraudage
B	71	194	62	193	M8
C	62	193	62	193	M8
D	100	300	80	292	M10
E	115	370	100	360	M12

Adaptateurs optionnels

Pour simplifier le raccordement des câbles dans la boîte à bornes par le haut ou le bas, il est recommandé d'utiliser un adaptateur d'angle. Ces adaptateurs sont disponibles à partir des tailles de moteur 280 et peuvent également être utilisés pour installer plusieurs boîtes de jonction ou plaques d'entrée de câbles. Pour une adaptation exacte sur certaines tailles de moteur, se reporter à la colonne « Ouverture vers la boîte à bornes » de la section « Boîte à bornes standard ».

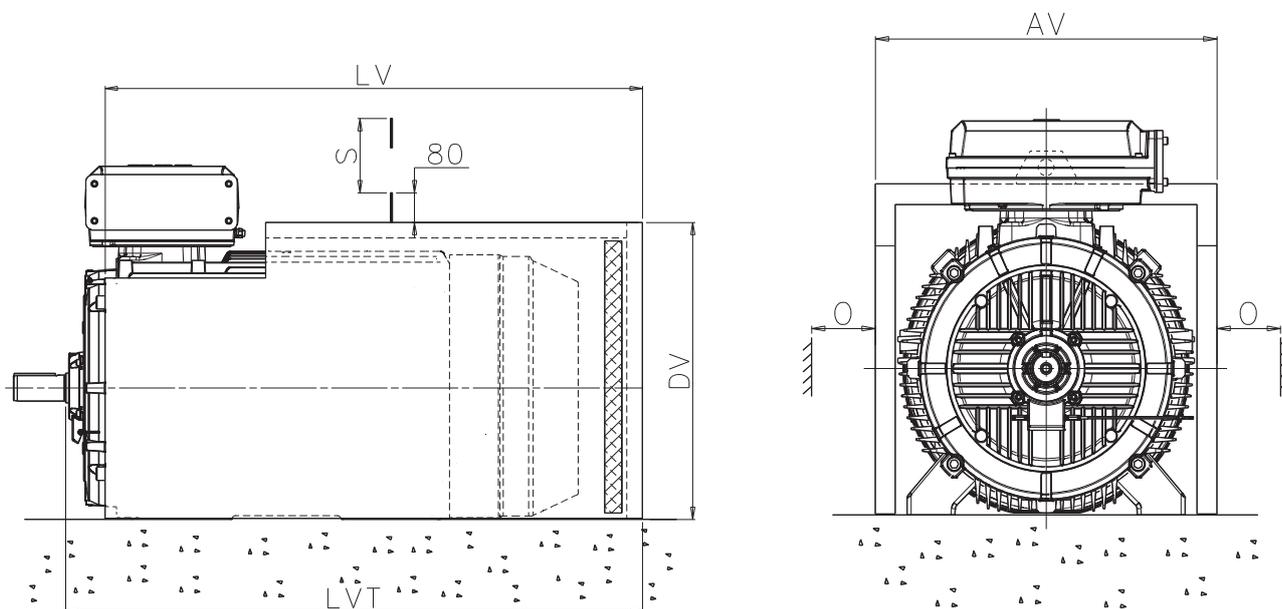
Adaptateur						
Code option	292	293	294	295	296	444
Adapté aux tailles de moteur	280	315, 355	315 LKC IE2, 355 SM_ 2-4 pôles, 400 à 450	315 LKC IE2, 355 SM_ 2-4 pôles, 400 à 450	315 LKC IE2, 355 SM_ 2-4 pôles, 400 à 450	315 LKC IE2, 355 SM_ 2-4 pôles, 400 à 450
Ouverture vers la boîte à bornes	C	D	E	E	E	E
Plaque d'entrée de câbles ou ouverture pour boîte de jonction	C	D	D	2 x D	3 x D	2 x E
Matière	Acier	Acier	Acier	Acier	Acier	Acier
Remarques			Inclus dans la livraison std avec boîte à bornes 750	Inclus dans la livraison std avec boîte à bornes 1200	Uniquement possible sur boîte à bornes 1200	Uniquement possible sur boîte à bornes 1200

Boîtes de jonction

Des boîtes de jonction peuvent être utilisées en alternative aux brides et presse-étoupes. Elles laissent plus d'espace aux conducteurs et simplifient ainsi le raccordement sur les bornes. Les boîtes de jonction sont équipées d'entrées fermées en caoutchouc pour un des deux câbles principaux. Par ailleurs, deux trous bouchés M20 sont destinés aux câbles auxiliaires.

Boîte de jonction			
Code option	277	278	279
Adapté aux tailles de moteur	280	315, 355, sauf 315 LKC IE2, 355 SM_ 2-4 pôles	315, 355, sauf 315 LKC IE2, 355 SM_ 2-4 pôles
Ouverture vers la boîte à bornes	C	D	D
Diamètre extérieur de câble	1 - 2 câbles, 48 - 60 mm	1 - 2 câbles, 48 - 60 mm	1 - 2 câbles, 60 - 80 mm
Entrée des câbles auxiliaires	2 x M20 trous bouchés	2 x M20 trous bouchés	2 x M20 trous bouchés
Variantes supplémentaires	Presse-étoupe CEM (704) ; presse-étoupe standard avec dispositif d'amarrage (231)	Presse-étoupe CEM (704) ; presse-étoupe standard avec dispositif d'amarrage (231)	Presse-étoupe CEM (704) ; presse-étoupe standard avec dispositif d'amarrage (231)

Capot anti-bruit pour tailles de moteur 280 - 450



Les moteurs à pattes et/ou à bride peuvent être équipés d'un capot anti-bruit qui réduit le niveau sonore d'environ 5-6 dB(A). Le capot de couleur bleue est en tôle d'acier de 2 mm d'épaisseur. Le matériau anti-bruit est une mousse polyuréthane de 40 mm d'épaisseur. Une bande de caoutchouc placée dans le bas du capot assure le contact avec le sol. Il se pose sans fixation sur le moteur.

Le code option pour commander un capot anti-bruit est 055.

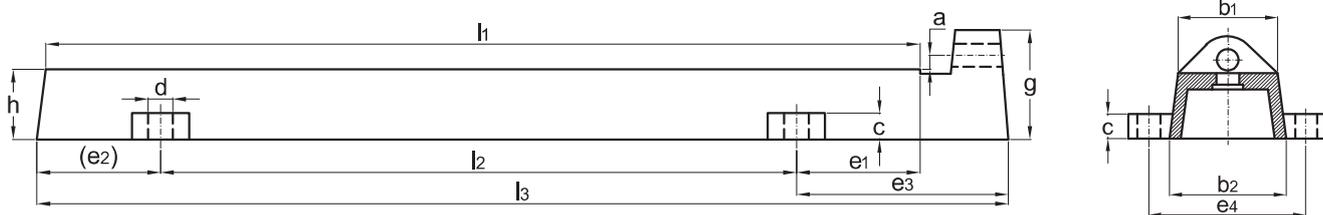
Taille du moteur	AV	BT	LVT	DV	O ¹⁾	S ²⁾	Poids kg
280 SM_	681	1010	1090	616	50	762	38
315 SM_	760	1094	1191	697	60	852	47
315 ML_	760	1205	1302	697	60	852	51
315 LK_	760	1411	1508	697	60	852	58
355 SM_	850	1335	1441	777	65	958	62
355 ML_	850	1440	1546	777	65	958	67
355 LK_	850	1690	1796	777	65	958	77
400 L_	938	1750	1873	866	75	1045	88
400 LK_	938	1750	1873	866	75	1045	88
450 L_	1050	2110	2230	990	80	1045	120

¹⁾ Intervalle pour le refroidissement du moteur.

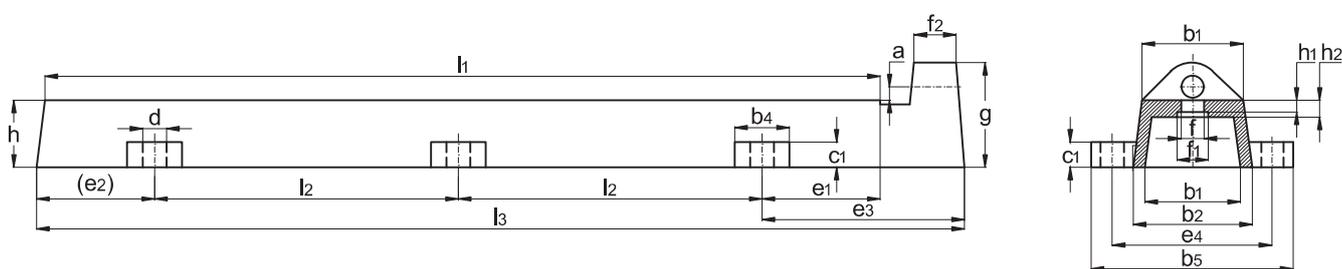
²⁾ Intervalle pour le retrait du capot anti-bruit.

Remarque : les dimensions ne s'appliquent qu'aux moteurs à pattes standard.

Glissières pour tailles de moteur 280 - 400



Glissières coulissantes pour tailles de moteur 280 - 315



Glissières coulissantes pour tailles de moteur 355 - 400

Remarque : des glissières coulissantes non conformes à la norme DIN sont disponibles sur demande pour la taille de moteur 450.

Chaque jeu contient deux glissières coulissantes complètes avec vis pour le montage du moteur. Les vis de montage des glissières sur la base ne sont pas incluses. Les glissières coulissantes sont fournies avec des surfaces inférieures non usinées. Elles doivent donc être soutenues de manière adéquate avant serrage.

Les glissières coulissantes peuvent être commandées avec les références indiquées dans le tableau.

Taille															Boulons	Boulons	Poids
moteur	Réf.	l1	l2	l3	a	h	b1	b2	c	d	e1	e2	e3	e4	pour pattes	horizontaux	kg/2
280	3GZF334730-55	800	600	900	16	75	100	120	35	28	100	100	200	165	M20x90	M24x300	50
315	3GZF334730-56	1000	720	1100	16	80	120	140	40	28	140	140	240	190	M24x100	M24x300	80
355 à 400	3GZF334730-57	1250	485	1350	16	80	120	140	35	28	140	140	240	190	M24x100	M24x300	90

Variateur de fréquence basse tension ABB

ABB industrial drive

Variateurs ABB industrial drive

La gamme *ABB industrial drive* regroupe des variateurs de fréquence offrant une adaptabilité totale aux besoins de chaque utilisateur. Couvrant une large plage de puissances et de tensions (jusqu'à 690 V), les variateurs *ABB industrial drive* sont proposés dans différents formats : coffret en montage mural, module autoporteur, armoire, kits industriels, «multidrive» et refroidissement liquide.



Variateur ABB single drive

La gamme *ABB single drive* propose des variateurs de fréquence qui peuvent être installés sans aucune armoire ou enveloppe supplémentaire. Ces variateurs regroupent dans une même enveloppe un redresseur, un filtre RFI (option), une self, un bus CC et un onduleur. Ils sont proposés en coffret pour montage mural, en module autoporteur ou en armoire de protection standard IP21 (protection renforcée en option). Ils se distinguent par une grande souplesse de configuration, de paramétrage et de programmation ; ils sont rapides à installer et mettre en service, et s'adaptent très facilement aux contraintes de chaque application.



Série ACS800-01

- Puissance/tension : 0,55 à 200 kW, 230 à 690 V
- Coffret 6 pulses en montage mural, protection IP21 en standard (UL type 1), IP55 en option (UL type 12)
- Self réseau intégrée pour le filtrage des harmoniques
- Performances et capacité de surcharge élevées dans toutes les applications
 - Variateur fiable et complet
 - Assistant de mise en service
- Options livrées montées dans le variateur
 - Modules d'extension d'E/S
 - Modules coupleurs réseau
 - Module interface codeur et module liaison optique
 - Filtre RFI, hacheur de freinage
- Exécution certifiée Marine

Série ACS800-11, variateurs régénératifs 4 quadrants (4Q)

- Puissance/tension : 5,5 à 110 kW, 230 à 690 V
- Variateurs 4Q en coffret pour montage mural, protection IP21 en standard (UL type 1)
- Redresseur actif et filtre LCL réseau intégrés pour un fonctionnement 4Q sans distorsion harmonique
- Variateur régénératif intégré dans un seul coffret
 - Variateur haute performance
 - Solutions logicielles applicatives
 - Assistant de mise en service
- Options livrées montées dans le variateur
 - Modules d'extension d'E/S
 - Modules coupleurs réseau
 - Module interface codeur et module liaison optique
 - Filtre RFI

Pour plus d'informations, consultez le catalogue technique «*ABB industrial drive, Variateurs single drive ACS800, 0,55 à 5 600 kW*», réf. : 3AFE68601771 FR

Pour plus d'informations, consultez le catalogue technique «*ABB industrial drive, Variateurs single drive ACS800, 0,55 à 5 600 kW*», réf. : 3AFE68601771 FR

Pour plus d'informations sur l'ACS800 en exécution certifiée Marine, consultez le catalogue «*ABB drives for marine applications, ACS800-01/-04/-07LC, -17LC, -37LC, 0.55 to 5600 kW*», réf. : 3AFE68326753 EN

Annexe 7 : caractéristiques techniques

108

Taille ACS800-01	Valeurs nominales		Utilisation sans surcharge	Utilisation faible surcharge		Utilisation intensive		Taille	Débit d'air m ³ /h	Dissipation thermique L
	$I_{cont,maxi}$ A	I_{maxi} A	$P_{cont,maxi}$ kW	I_{2N} A	P_N kW	I_{2int} A	P_{int} kW			
Tension d'alimentation triphasée 380 V, 400 V ou 415 V										
-0003-3	5,1	6,5	1,5	4,7	1,5	3,4	1,1	R2	35	100
-0004-3	6,5	8,2	2,2	5,9	2,2	4,3	1,5	R2	35	120
-0005-3	8,5	10,8	3	7,7	3	5,7	2,2	R2	35	140
-0006-3	10,9	13,8	4	10,2	4	7,5	3	R2	35	160
-0009-3	13,9	17,6	5,5	12,7	5,5	9,3	4	R2	35	200
-0011-3	19	24	7,5	18	7,5	14	5,5	R3	69	250
-0016-3	25	32	11	24	11	19	7,5	R3	69	340
-0020-3	34	46	15	31	15	23	11	R3	69	440
-0025-3	44	62	22	41	18,5	32	15	R4	103	530
-0030-3	55	72	30	50	22	37	18,5	R4	103	610
-0040-3	72	86	37	69	30	49	22	R5	250	810
-0050-3	86	112	45	80	37	60	30	R5	250	990
-0060-3	103	138	55	94	45	69	37	R5	250	1190
-0075-3	145	170	75	141	75	100	45	R5	405	1440
-0070-3 *	141	164	75	132	55	97	45	R6	405	1440
-0100-3	166	202	90	155	75	115	55	R6	405	1940
-0120-3	202	282	110	184	90	141	75	R6	405	2310
-0135-3	225	326	110	220	110	163	90	R6	405	2810
-0165-3	260	326	132	254	132	215	110	R6	405	3260
-0205-3	290	351	160	285	160	234	132	R6	405	4200
Tension d'alimentation triphasée 380 V, 400 V, 415 V, 440 V, 460 V, 480 V ou 500 V										
-0004-5	4,9	6,5	2,2	4,5	2,2	3,4	1,5	R2	35	120
-0005-5	6,2	8,2	3	5,6	3	4,2	2,2	R2	35	140
-0006-5	8,1	10,8	4	7,7	4	5,6	3	R2	35	160
-0009-5	10,5	13,8	5,5	10	5,5	7,5	4	R2	35	200
-0011-5	13,2	17,6	7,5	12	7,5	9,2	5,5	R2	35	250
-0016-5	19	24	11	18	11	13	7,5	R3	69	340
-0020-5	25	32	15	23	15	18	11	R3	69	440
-0025-5	34	46	18,5	31	18,5	23	15	R3	69	530
-0030-5	42	62	22	39	22	32	18,5	R4	103	610
-0040-5	48	72	30	44	30	36	22	R4	103	810
-0050-5	65	86	37	61	37	50	30	R5	250	990
-0060-5	79	112	45	75	45	60	37	R5	250	1190
-0070-5	96	138	55	88	55	69	45	R5	250	1440
-0105-5	145	170	90	141	90	100	55	R5	405	2150
-0100-5 *	124	164	75	115	75	88	55	R6	405	1940
-0120-5	157	202	90	145	90	113	75	R6	405	2310
-0140-5	180	282	110	163	110	141	90	R6	405	2810
-0165-5	225	326	132	220	132	163	110	R6	405	3260
-0205-5	260	326	160	254	160	215	132	R6	405	3800
-0255-5	290	351	200	285	200	234	160	R6	405	4500

* Ce type de variateur n'est plus proposé.

Taille ACS800-01	Valeurs nominales		Utilisation sans surcharge	Utilisation faible surcharge		Utilisation intensive		Taille	Débit d'air m ³ /h	Dissipation thermique L
	$I_{\text{cont.maxi}}$ A	I_{maxi} A	$P_{\text{cont.maxi}}$ kW	I_{2N} A	P_N kW	$I_{2\text{int}}$ A	P_{int} kW			
Tension d'alimentation triphasée 525 V, 550 V, 575 V, 600 V, 660 V ou 690 V										
-0011-7	13	14	11	11,5	7,5	8,5	5,5	R4	103	300
-0016-7	17	19	15	15	11	11	7,5	R4	103	340
-0020-7	22	28	18,5	20	15	15	11	R4	103	440
-0025-7	25	38	22	23	18,5	19	15	R4	103	530
-0030-7	33	44	30	30	22	22	18,5	R4	103	610
-0040-7	36	54	30	34	30	27	22	R4	103	690
-0050-7	51	68	45	46	37	34	30	R5	250	840
-0060-7	57	84	55	52	45	42	37	R5	250	1010
-0070-7	79	104	75	73	55	54	45	R6	405	1220
-0100-7	93	124	90	86	75	62	55	R6	405	1650
-0120-7	113	172	110	108	90	86	75	R6	405	1960
-0145-7	134	190	132	125	110	95	90	R6	405	2660
-0175-7	166	245	160	155	132	131	110	R6	405	3470
-0205-7	190	245	160	180	160	147	132	R6	405	4180

0009693

Symboles

Valeurs nominales

$I_{\text{cont.maxi}}$ courant de sortie efficace en régime établi. Aucune capacité de surcharge à 40°C (104°F)

I_{maxi} Courant de sortie maximum. Disponible pendant 10 s au démarrage ou aussi longtemps que la température du variateur l'autorise.

Valeurs en régimes types :

Utilisation sans surcharge

$P_{\text{cont.maxi}}$ Puissance moteur type. Les valeurs nominales de puissance s'appliquent à la plupart des moteurs normalisés CEI 60034 sous tension nominale de 230 V, 400 V, 500 V ou 690 V.

Utilisation avec faible surcharge (10 % de capacité de surcharge)

I_{2N} Courant efficace en régime établi. 10 % de surcharge autorisés pendant une minute toutes les 5 minutes.

P_N Puissance moteur type. Les valeurs nominales de puissance s'appliquent à la plupart des moteurs normalisés CEI 60034 sous tension nominale de 230 V, 400 V, 500 V ou 690 V.

Utilisation intensive (50 % de capacité de surcharge)

$I_{2\text{int}}$ Courant efficace en régime établi. 50 % de surcharge autorisés pendant une minute toutes les 5 minutes.

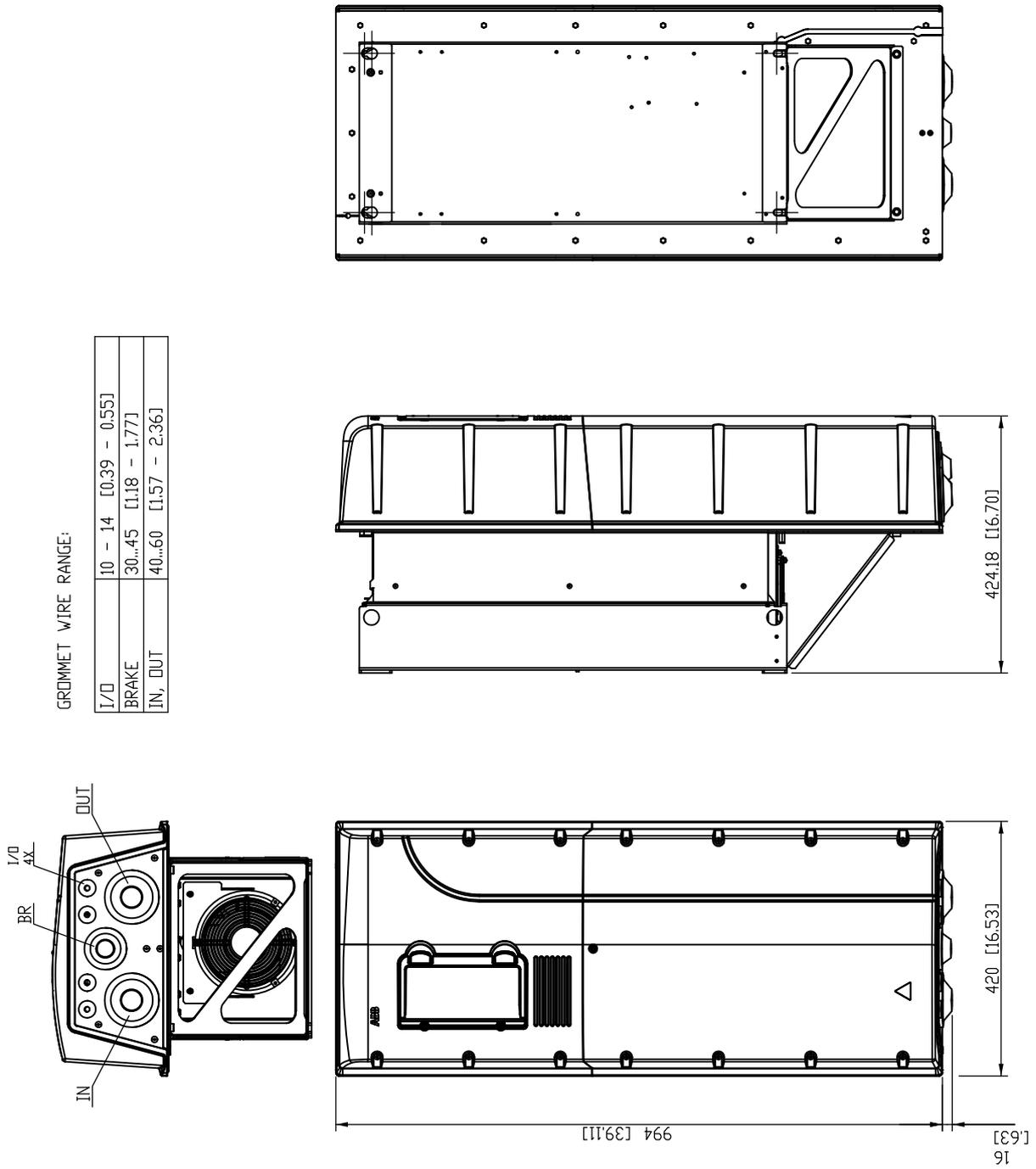
P_{int} Puissance moteur type. Les valeurs nominales de puissance s'appliquent à la plupart des moteurs normalisés CEI 60034 sous tension nominale de 230 V, 400 V, 500 V ou 690 V.

Dimensionnement

Les valeurs nominales de courant sont les mêmes quelle que soit la tension d'alimentation au sein d'une même plage de tension. Pour atteindre la valeur nominale de puissance du tableau, le courant nominal du variateur doit être supérieur ou égal au courant nominal du moteur.

N.B. 1 : La puissance maxi autorisée à l'arbre moteur est limitée à $1,5 \cdot P_{\text{int}}$, $1,1 \cdot P_N$ ou $P_{\text{cont.maxi}}$ (la plus grande des trois valeurs). Dès franchissement de cette limite, le courant et le couple moteur sont automatiquement restreints. Cette fonction protège le pont d'entrée du variateur des surcharges. Si la situation perdure 5 minutes, la limite est $P_{\text{cont.maxi}}$.

Taille R6 (IP55, UL type 12), appareils -0205-3 et -0255-5



3AJA0000057578

Annexe 9 : datasheet des composants
et programme de la carte ARDUINO

7805



TO-220 (Single Gauge)
GND
1. Input
2. GND
3. Output

Ordering Information⁽¹⁾

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature	Packing Method
LM7805CT	±4%	TO-220 (Single Gauge)	-40°C to +125°C	Rail
LM7806CT				
LM7808CT				
LM7809CT				
LM7810CT				
LM7812CT				
LM7815CT				
LM7818CT				
LM7824CT	±2%		0°C to +125°C	
LM7805ACT				
LM7809ACT				
LM7810ACT				
LM7812ACT				
LM7815ACT				

Note:
1. Above output voltage tolerance is available at 25°C.

PC817

■ Electro-optical Characteristics (T_a=25°C)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Input	Forward voltage	V _F	I _F =20mA	-	1.2	1.4	V	
	Peak forward voltage	V _{FM}	I _{FM} =0.5A	-	-	3.0	V	
	Reverse current	I _R	V _R =4V	-	-	10	μA	
	Terminal capacitance	C _t	V=0, f=1kHz	-	30	250	pF	
Output	Collector dark current	I _{CEO}	V _{CE} =50V, I _F =0	-	-	100	nA	
	Collector-emitter breakdown voltage	BV _{CEO}	I _C =0.1mA, I _F =0	^{*5} 80	-	-	V	
	Emitter-collector breakdown voltage	BV _{ECO}	I _E =10μA, I _F =0	6	-	-	V	
Transfer characteristics	Collector current	I _C	I _F =5mA, V _{CE} =5V	2.5	-	30.0	mA	
	Collector-emitter saturation voltage	V _{CE(sat)}	I _F =20mA, I _C =1mA	-	0.1	0.2	V	
	Isolation resistance	R _{ISO}	DC500V, 40 to 60%RH	5×10 ¹⁰	1×10 ¹¹	-	Ω	
	Floating capacitance	C _f	V=0, f=1MHz	-	0.6	1.0	pF	
	Cut-off frequency	f _c	V _{CE} =5V, I _C =2mA, R _L =100Ω, -3dB	-	80	-	kHz	
	Response time	Rise time	t _r	V _{CE} =2V, I _C =2mA, R _L =100Ω	-	4	18	μs
		Fall time	t _f		-	3	18	μs

*5 From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by BV_{CEO}≥70V.

■ Absolute Maximum Ratings ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1 Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	*4 80	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation		P_{tot}	200	mW
*2 Isolation voltage		$V_{iso (rms)}$	5.0	kV
Operating temperature		T_{opr}	-30 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature		T_{stg}	-55 to +125	$^{\circ}\text{C}$
*3 Soldering temperature		T_{sol}	260	$^{\circ}\text{C}$

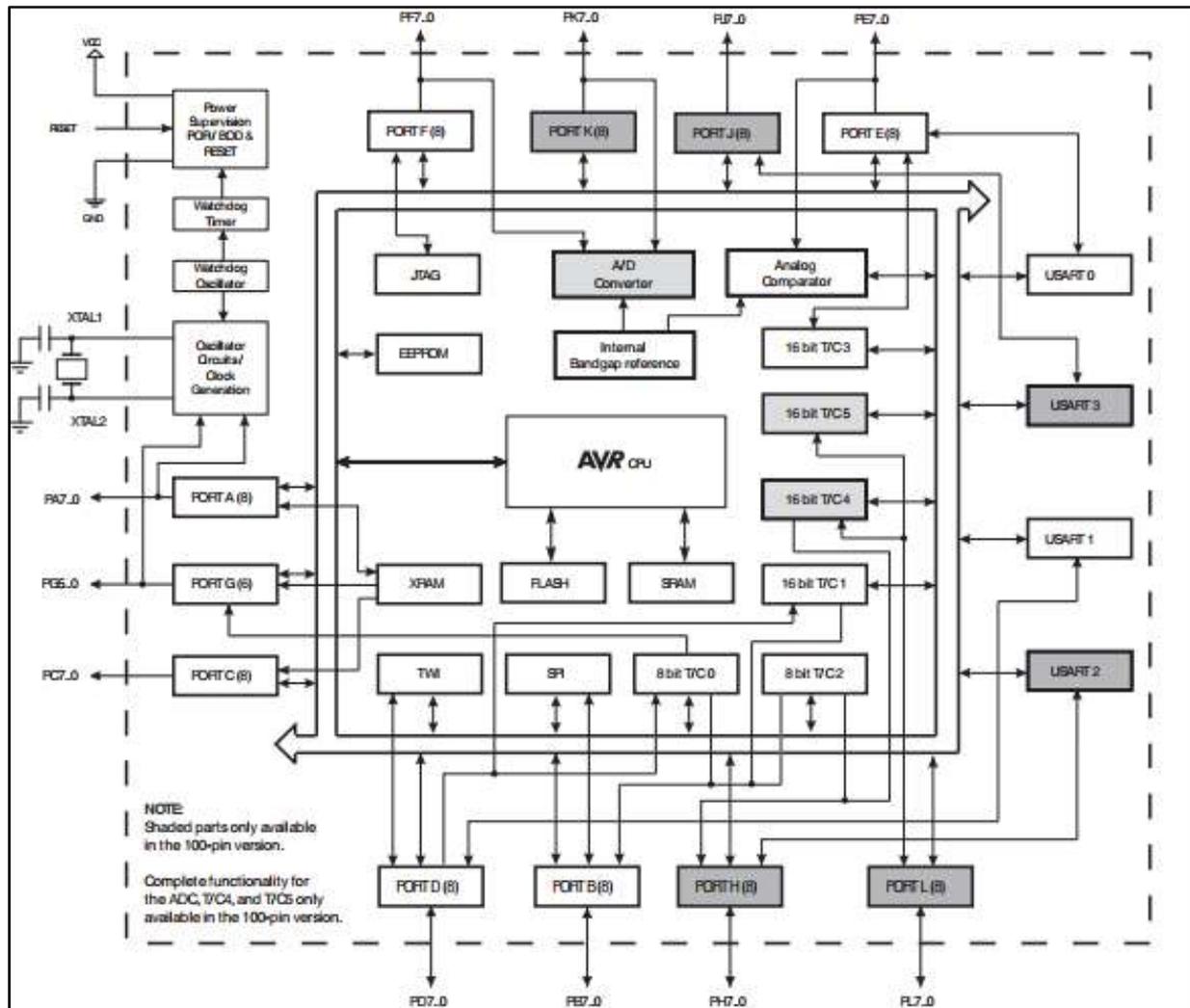
*1 Pulse widths $\leq 100\mu\text{s}$, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60%RH, AC for 1minute, $f=60\text{Hz}$

*3 For 10s

*4 Up to Date code "P7" (July 2002) $V_{CEO} : 35\text{V}$.

ATMEGA2560



Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V _B	High side floating supply voltage (IR2110)	-0.3	525	V
	(IR2113)	-0.3	625	
V _S	High side floating supply offset voltage	V _B - 25	V _B + 0.3	
V _{HO}	High side floating output voltage	V _S - 0.3	V _B + 0.3	
V _{CC}	Low side fixed supply voltage	-0.3	25	
V _{LO}	Low side output voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3	
V _{DD}	Logic supply voltage	-0.3	V _{SS} + 25	
V _{SS}	Logic supply offset voltage	V _{CC} - 25	V _{CC} + 0.3	
V _{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	
dV _S /dt	Allowable offset supply voltage transient (figure 2)	—	50	V/ns
P _D	Package power dissipation @ T _A ≤ +25°C (14 lead DIP)	—	1.6	W
	(14 lead DIP w/o lead 4)	—	1.5	
	(16 lead DIP w/o leads 5 & 6)	—	1.6	
	(16 lead SOIC)	—	1.25	
R _{THJA}	Thermal resistance, junction to ambient (14 lead DIP)	—	75	°C/W
	(14 lead DIP w/o lead 4)	—	85	
	(16 lead DIP w/o leads 5 & 6)	—	75	
	(16Lead SOIC)	—	100	
T _J	Junction temperature	—	150	°C
T _S	Storage temperature	-55	150	
T _L	Lead temperature (soldering, 10 seconds)	—	300	

IGBT 50N60

Symbol	Conditions	Characteristic Values (T _{VJ} = 25°C, unless otherwise specified)			
		min.	typ.	max.	
V _{CE(sat)}	I _C = 40 A; V _{GE} = 15 V; T _{VJ} = 25°C T _{VJ} = 125°C		2.5 3.0	3.1 V V	
V _{GE(th)}	I _C = 2 mA; V _{GE} = V _{CE}	4		8 V	
I _{CES}	V _{CE} = 0.8 V _{CES} ; V _{GE} = 0 V; T _{VJ} = 25°C T _{VJ} = 125°C		3.0	0.4 mA mA	
I _{GES}	V _{CE} = 0 V; V _{GE} = ± 20 V			500 nA	
t _{d(on)} t _r t _{d(off)} t _f E _{on} E _{off}	Inductive load, T _{VJ} = 125°C V _{CE} = 500 V; I _C = 40 A V _{GE} = 0/15 V; R _G = 22 Ω		80 100 380 75 3.6 2.1	ns ns ns ns mJ mJ	
C _{ies}		V _{CE} = 25 V; V _{GE} = 0 V; f = 1 MHz	4		nF
Q _{Gon}		V _{CE} = 500V; V _{GE} = 15 V; I _C = 40 A	150		nC
I _{RM} t _{rr}		I _F = 40 A; di _C /dt = -400 A/μs; T _{VJ} = 125°C V _{CE} = -500 V; V _{GE} = 15 V		58 840	A ns
R _{thJC}					0.42

Programme de la carte ARDUINO

```
/*
 * VTx - transistors
 * -----<< + DC voltage (i.e. 250 V)
 *
 * | | |
 * | | |
 * VT1 VT2 VT3
 * | | |
 * *-----a
 * | | |
 * | *-----b
 * | | |
 * | | *-----c
 * VT4 VT5 VT6
 * | | |
 * | | |
 * -----<< GND
 */
/*
 * transistor - pin
 */
#define VT1 6
#define VT2 7
#define VT3 8
#define VT4 9
#define VT5 10
#define VT6 11
#define RELAY 2
/*
 * max and min delay in microsecond
 * must be <16300
 * use for setup frequency
 */
#define MAX_FREQ 12150 // ~15 Hz
#define MIN_FREQ 1575 // ~100 Hz
/*
 * pin A0 - SET_FREQ frequency setup potentiometer
```

```

* pin A1 - SET_K_ZAP filling factor setup potetiometer
*/
#define SET_FREQ A0
#define SET_K_ZAP A1
void setup()
{
// put your setup code here, to run once:
pinMode(VT1, OUTPUT);
pinMode(VT2, OUTPUT);
pinMode(VT3, OUTPUT);
pinMode(VT4, OUTPUT);
pinMode(VT5, OUTPUT);
pinMode(VT6, OUTPUT);
pinMode(RELAY, OUTPUT);
//Serial.begin(9600);//?????????????????
digitalWrite(RELAY, LOW); /*IR2132 off on setup time*/
analogWrite(VT1, 255); /*all VTx close*/
analogWrite(VT2, 255); /*on HINx, LINx (inputs IR2132) +5 V*/
analogWrite(VT3, 255);
analogWrite(VT4, 255);
analogWrite(VT5, 255);
analogWrite(VT6, 255);
pinMode(SET_FREQ, INPUT);
pinMode(SET_K_ZAP, INPUT);
/*set 4-5kHz frequency for PWM*/
TCCR1B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x02;
TCCR2B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x02;
TCCR3B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x02;
TCCR4B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x02;
// delay(5000);
// digitalWrite(RELAY, HIGH); /*turn on relay and wait 5 seconds*/
// delay(5000);
}
int sw_time = 60;
int K_zap = 130;
//int time_start;

```

```

void pwm_loop_fwd_a2(void)/*alpha/2 mode - transistors work 1/2 of
period. three of them simultaneously */
{
    int iteration;
    for (iteration = 1; iteration <= 6; iteration++)
    {
        switch ( iteration )
        {
            case 1:
                analogWrite(VT1, 255);/*all VTx close*/
                analogWrite(VT2, 255);/*on HINx, LINx (inputs IR2132) +5 V*/
                analogWrite(VT3, 255);
                analogWrite(VT4, 255);
                analogWrite(VT5, 255);
                analogWrite(VT6, 255);
                analogWrite(VT1, K_zap);/*open VTx on K_zap value 255 =
close, 0 = full open (inverse logic)*/
                analogWrite(VT3, K_zap);
                analogWrite(VT5, K_zap);
                delayMicroseconds(sw_time);
                break;
            case 2:
                analogWrite(VT1, 255);
                analogWrite(VT2, 255);
                analogWrite(VT3, 255);
                analogWrite(VT4, 255);
                analogWrite(VT5, 255);
                analogWrite(VT6, 255);
                analogWrite(VT1, K_zap);
                analogWrite(VT5, K_zap);
                analogWrite(VT6, K_zap);
                delayMicroseconds(sw_time);
                break;
            case 3:
                analogWrite(VT1, 255);
                analogWrite(VT2, 255);
                analogWrite(VT3, 255);

```

```

    analogWrite(VT4, 255);
    analogWrite(VT5, 255);
    analogWrite(VT6, 255);
    analogWrite(VT1, K_zap);
    analogWrite(VT2, K_zap);
    analogWrite(VT6, K_zap);
    delayMicroseconds(sw_time);
    break;
case 4:
    analogWrite(VT1, 255);
    analogWrite(VT2, 255);
    analogWrite(VT3, 255);
    analogWrite(VT4, 255);
    analogWrite(VT5, 255);
    analogWrite(VT6, 255);
    analogWrite(VT4, K_zap);
    analogWrite(VT2, K_zap);
    analogWrite(VT6, K_zap);
    delayMicroseconds(sw_time);
    break;
case 5:
    analogWrite(VT1, 255);
    analogWrite(VT2, 255);
    analogWrite(VT3, 255);
    analogWrite(VT4, 255);
    analogWrite(VT5, 255);
    analogWrite(VT6, 255);
    analogWrite(VT4, K_zap);
    analogWrite(VT2, K_zap);
    analogWrite(VT3, K_zap);
    delayMicroseconds(sw_time);
    break;
case 6:
    analogWrite(VT1, 255);
    analogWrite(VT2, 255);
    analogWrite(VT3, 255);
    analogWrite(VT4, 255);

```

```

        analogWrite(VT5, 255);
        analogWrite(VT6, 255);
        analogWrite(VT4, K_zap);
        analogWrite(VT5, K_zap);
        analogWrite(VT3, K_zap);
        delayMicroseconds(sw_time);
        break;
default:
        delayMicroseconds(sw_time);
        break;
    }
}
}
/*
A0 - SET_FREQ frequency setup
A1 - SET_K_ZAP setup K_zap
*/
int repeat_count = 200; /*count of repeats (because on small sw_time
high frequency and unstable working*/
int i;//for loop
void loop()
{
    /*set microseconds delay between I..IV phases of work => define
frequency */
    sw_time = map(analogRead(SET_FREQ), 0, 1023, 1, 100);
    /*on high frequency greater repeats, without arduino functions.
Need for frequency stability*/
    repeat_count = map(sw_time, 1, 100, 400, 100);
    /*calculate K_zap - filling coefficient
* 255 = close transistor, 0 = full open transistor (inverse logic)
*/
    K_zap = map(analogRead(SET_K_ZAP), 0, 1023, 255, 1);
    if (K_zap > 220)//stop
    {
        analogWrite(VT1, 255);/*all VTx close*/
        analogWrite(VT2, 255);/*on HINx, LINx (inputs IR2132) +5 V*/
        analogWrite(VT3, 255);
    }
}

```

```

    analogWrite(VT4, 255);
    analogWrite(VT5, 255);
    analogWrite(VT6, 255);
    delayMicroseconds(sw_time);
}
else //generation ~3-phase voltage
{
//    time_start = millis();
    for (i = 1; i <= repeat_count; i++)
    {
        pwm_loop_fwd_a2();
        if (!(i % 10))
        {
            sw_time = map(analogRead(SET_FREQ), 0, 1023, MIN_FREQ,
MAX_FREQ);
            K_zap = map(analogRead(SET_K_ZAP), 0, 1023, 255, 1);
        }
    }
//    time_start = millis() - time_start;
    //Serial.print("FREQUENCY: "); Serial.println(1000. / time_start
* repeat_count);
}
//Serial.println(sw_time);
//Serial.println(K_zap);
//Serial.println();
}

```



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Idle mode Currents Down to 5.8 μ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1 μ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator Options allow Microcontroller and USB module to Run at Different Clock Speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns ($T_{CY}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-Bit, Up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter (A/D) module with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

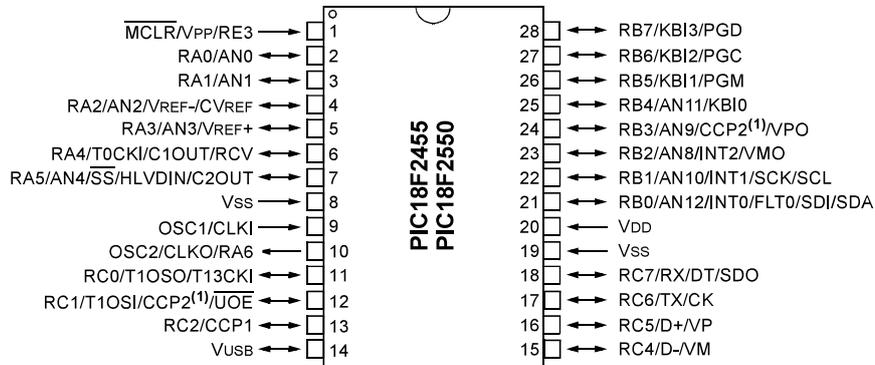
- C Compiler Optimized Architecture with Optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 Years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Optional Dedicated ICD/ICSP Port (44-pin, TQFP package only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

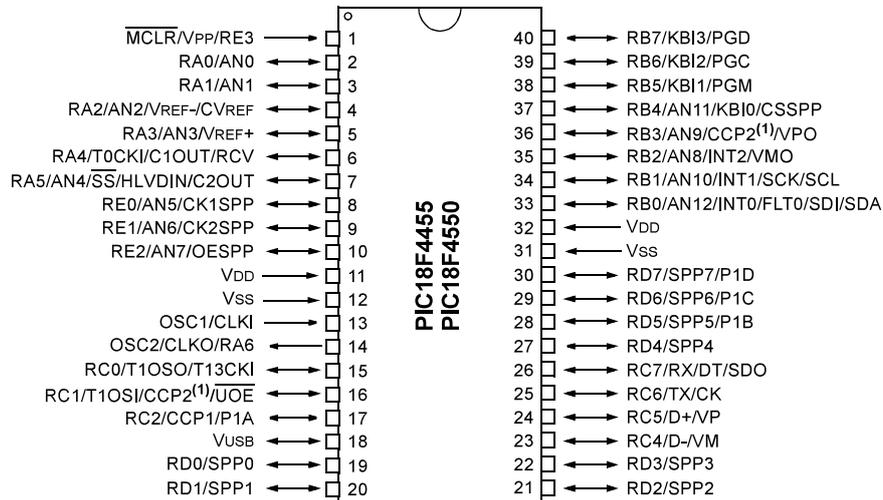
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

28-Pin PDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

Programme de PIC18F2550

```
// Projet : Variateur de vitesse avec affichage sur LCD
//*****

// LCD module connections
sbit LCD_RS at RB0_bit;
sbit LCD_EN at RB1_bit;
sbit LCD_D4 at RB4_bit;
sbit LCD_D5 at RB5_bit;
sbit LCD_D6 at RB6_bit;
sbit LCD_D7 at RB7_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;
// End LCD module connections
float Vitesse = 0.0 ;
char TRMN[6] ;
float Vitesse_MAX = 1500.0;

void main()
{

    ADCON1=0b00001011 ; // AN0...AN3 analogique
    TRISA=0xFF;
    TRISB=0x00;
    Lcd_Init(); // Initialize LCD
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
    Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Cursor off
    ADC_Init();
    //ADCON1=0b00001110 ; // AN0 uniquement analogique
    LCD_Out(1,1,"PFE 2017-2018");
    LCD_Out(2,1,"VAR DE VITESSE");
    Delay_ms(1000);
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);

    while (1)
    {
        // Mesure vitesse
        Vitesse = ADC_Read(0);
        Vitesse = ((float)Vitesse )*(Vitesse_MAX/1024) ;
        inttostr(Vitesse,TRMN);
        //Affichage bruit
        LCD_Out(1,1,"Vitesse:");
        LCD_Out(2,1,Ltrim(TRMN));
        LCD_Out(2,10,"TR/MN");
        Delay_ms(2000);
        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
        Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Cursor off
    }
}
```

Bibliographie et Webographie

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_asynchrone

[2] www.technologuepro.com

[3] **J.L.Dalmasso** , Cours d'électrotechnique : Machines tournantes à courant alternatif, BELIN, 1985

[4] **Philippe LE BRUN**, 3 E.I : Enseigner l'électrotechnique et l'électronique industrielle

[5] www.abb.com

[6] Jacques Laroche :(2005) : Electronique de puissance conversion de l'énergie (Casteilla)

[7] **ABB**, Manuel d'installation Convertisseurs de fréquence ACS800-01 (0,55 à 200 kW)

[8] <https://powersimtech.com/drive/uploads/2016/06/PSIM-User-Manual.pdf>

[9] mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.MaterielMega2560

[10] <https://www.microchip.com>

Guide d'aide

Les informations suivantes sont destinées à aider chaque étudiant (e) qui va prendre ce projet de la bibliothèque de l'institut :

L'achat des composants : société SNE SOMETEL

Adresse : Centre Saïd - Avenue Habib Bourguiba MEGRINE TUNIS-SUD 2033 TUNISIE

Tél: (+216) 71 43 41 54 (LG)

Fax: (+216) 71 43 40 74

Mail: sales@snesometel.tn

Site Web: <http://www.snesometel.tn>

Réalisation et perçage des cartes : centre formation HTL

Adresse : Bardo – Tunis

Tel : (+216) 50 789 454

Mail : sami.incib@gmail.com

Contact facebook : <https://web.facebook.com/ncib.enit>

L'achat d'arduino et ses accessoires : Arduino Tunisie

Adresse : 22 avenue de la liberté- Bou Mhel El Bassatine.

Tel : (+216) 92 168 725 / 29308609

Site Web : <http://www.seli.tn/>

Lien de téléchargement Logiciel QElectrotech :

<http://www.01net.com/telecharger/windows/Loisirs/electronique/fiches/img100046.html>

Lien de téléchargement Logiciel PSIM :

<https://fr.freownloadmanager.org/Windows-PC/PSIM.html>

Lien de téléchargement Logiciel EAGLE :

<https://www.autodesk.com/products/eagle/free-download>

Lien de téléchargement Logiciel Arduino :

www.arduino.cc

Suivre mon page facebook GTG :

<https://web.facebook.com/GalaxyTechnologiesGroupGTG/>



SNE SOMETEL



EAGLE



PSIM



QELECTROTECH



GTG



ARD.TUNISIE

Résumé

Dans le domaine des entraînements à vitesse variable, plusieurs types de commande peuvent être utilisés dans une vaste gamme d'applications industrielles. Ce projet de fin de parcours porte sur la substitution d'un moteur à courant continu par un moteur asynchrone triphasé ABB 200 kW, ainsi que sa commande par un variateur de vitesse. Il est intéressant de soumettre ce moteur à des fréquences variables. Pour cette raison, j'ai fait une étude sur le moteur asynchrone à installer, sa modélisation, son variateur, la simulation des différents étages et enfin la réalisation pratique.

Summary

In the field of variable speed drives, several types of controls can be used in a wide range of industrial applications. This end-of-term project concerns the replacement of a DC motor by a three-phase asynchronous motor ABB 200 kW, as well as its control by a variable speed drive. It is interesting to subject this engine to varying frequencies. For this reason, I made a study on the asynchronous motor to install, its modeling, its variator, the simulation of the various stages and finally the practical realization.

ملخص

في مجال محركات الأقراص المتغيرة السرعة ، يمكن استخدام عدة أنواع من الضوابط في مجموعة واسعة من التطبيقات الصناعية. ويتعلق مشروع نهاية الفصل باستبدال المحرك DC بواسطة محرك غير متزامن من ثلاث مراحل ABB 200 kW ، بالإضافة إلى التحكم به بواسطة محرك متغير السرعة. من المثير للاهتمام أن يخضع هذا المحرك لترددات مختلفة. ولهذا السبب ، تمت بدراسة حول المحرك غير المتزامن لتكبيبه ، ونمذجته ، ومغيره ، ومحاكاة المراحل المختلفة ، وأخيراً تحقيقه العملي.





**Institut Supérieur des Etudes
Technologiques de Nabeul**

Département **Génie Electrique**

Réf : EI11/18

Parcours

Electricité industrielle

Dossier de fabrication

**Variateur de vitesse d'un moteur
asynchrone triphasé**

Réalisé par :

Ghazi KHAZRI

Encadré par :

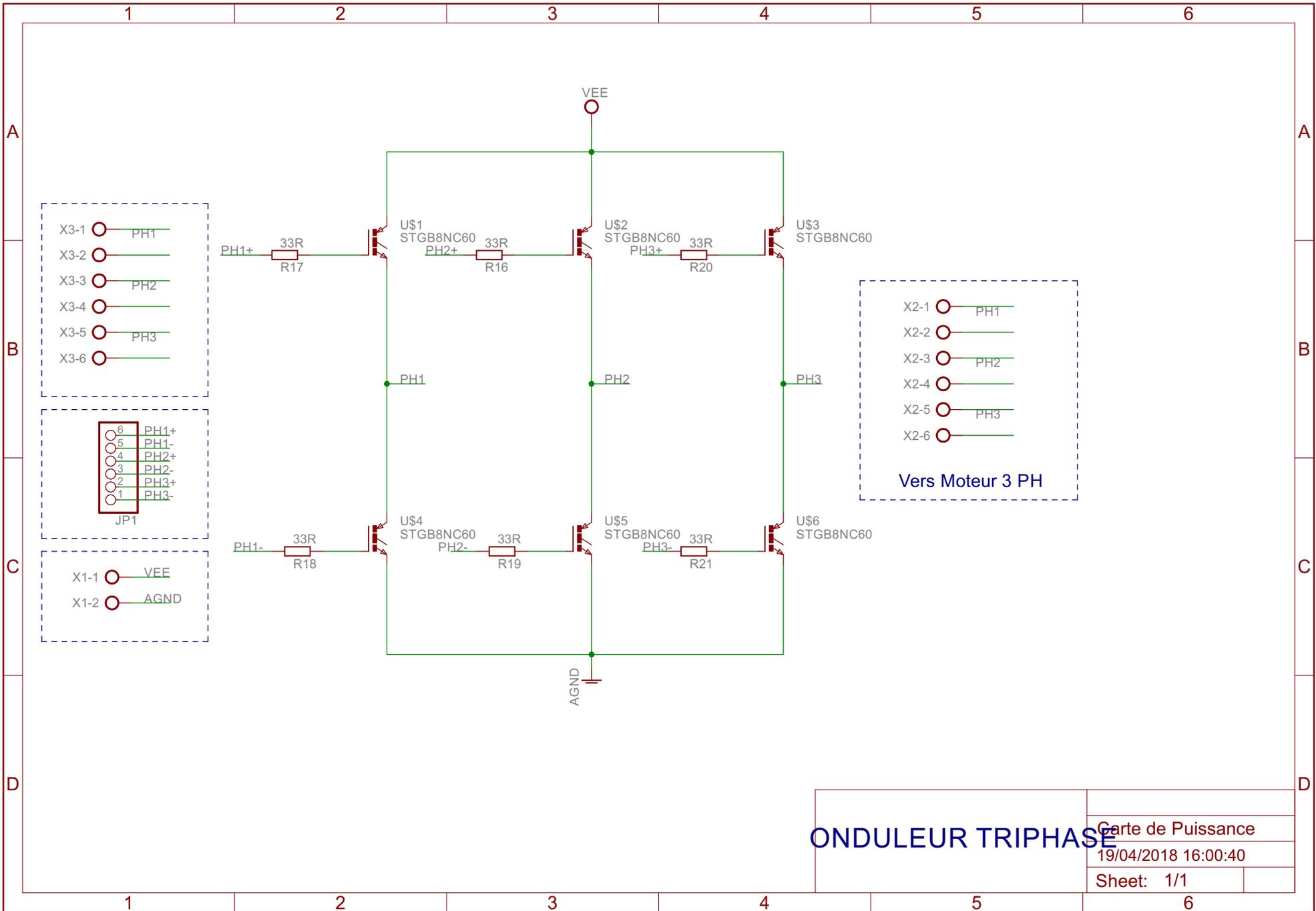
Encadreur professionnel
Mr. Salem KHAZRI

Encadreur académique
Mr. Mongi ANTIT

Année universitaire 2017 / 2018

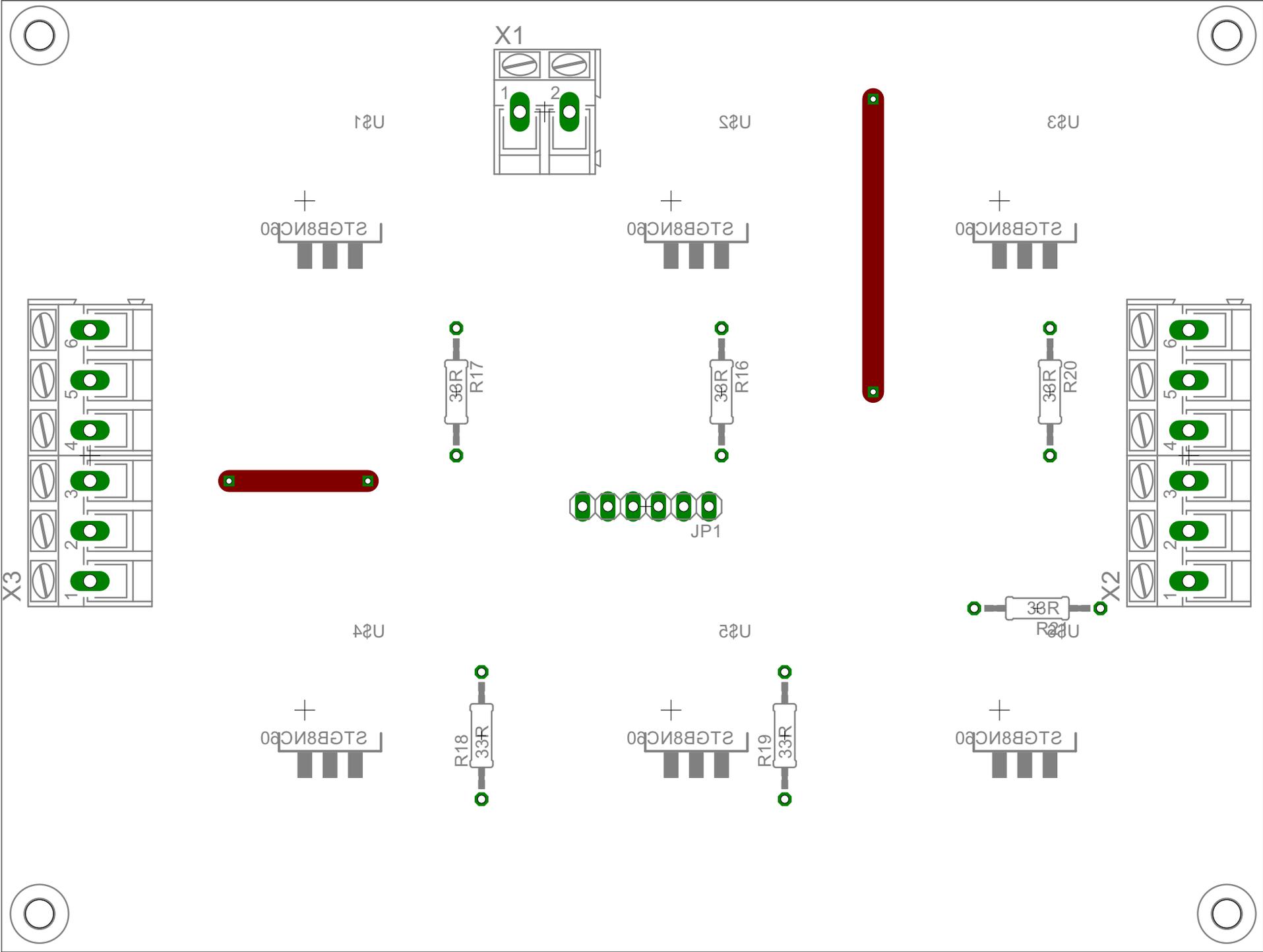
Carte de puissance





ONDULEUR TRIPHASE

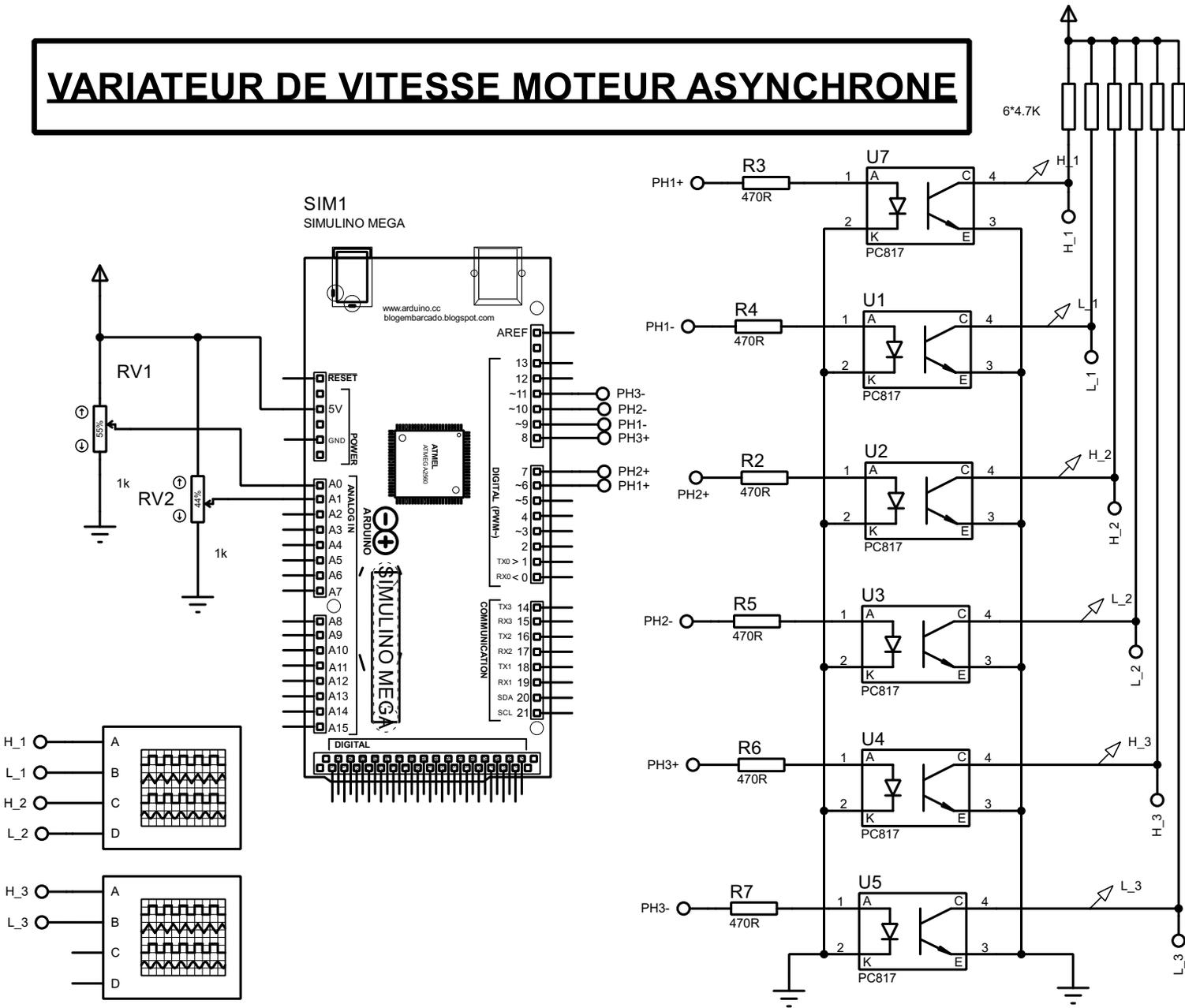
Carte de Puissance	
19/04/2018 16:00:40	
Sheet: 1/1	

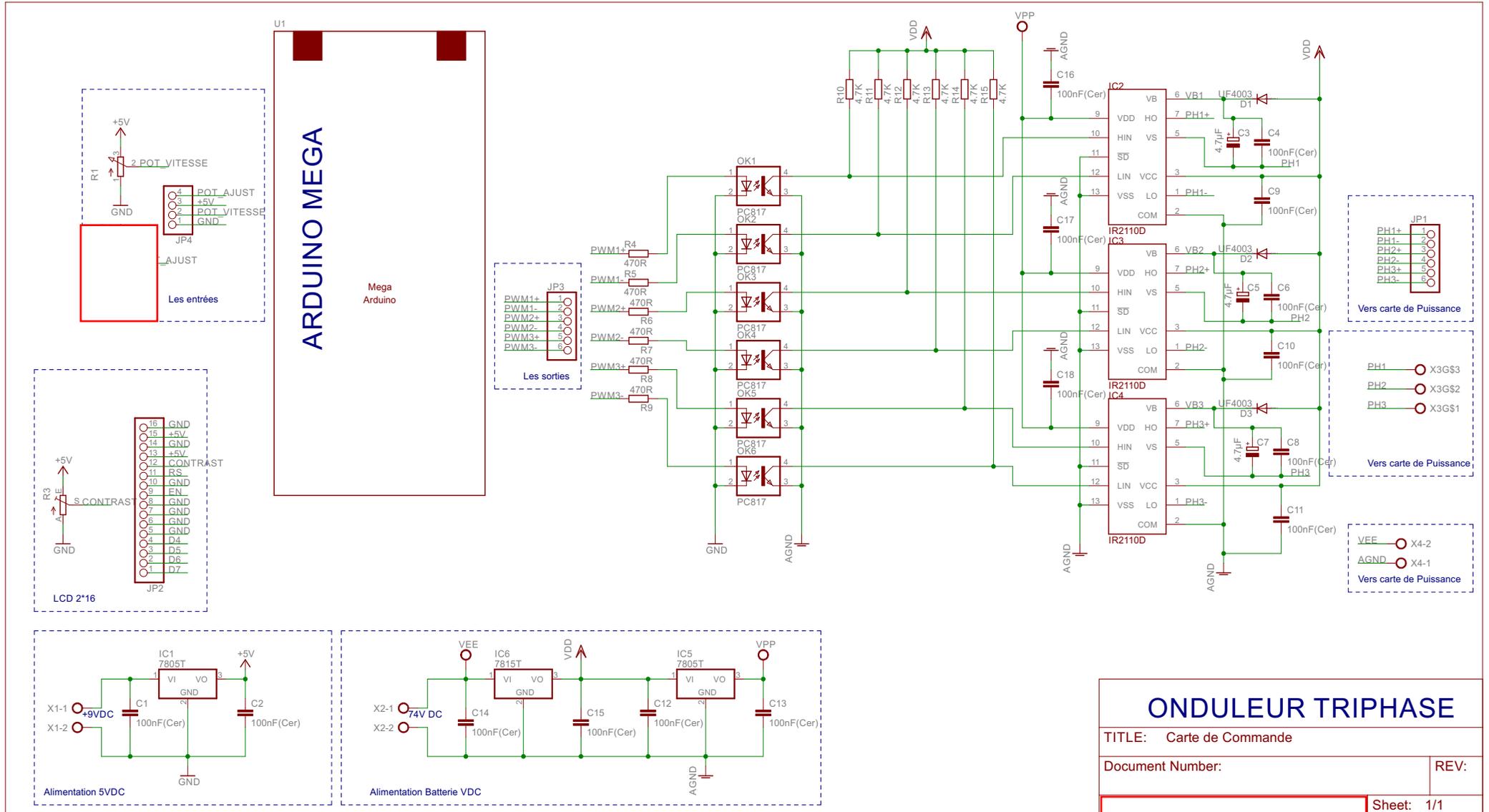


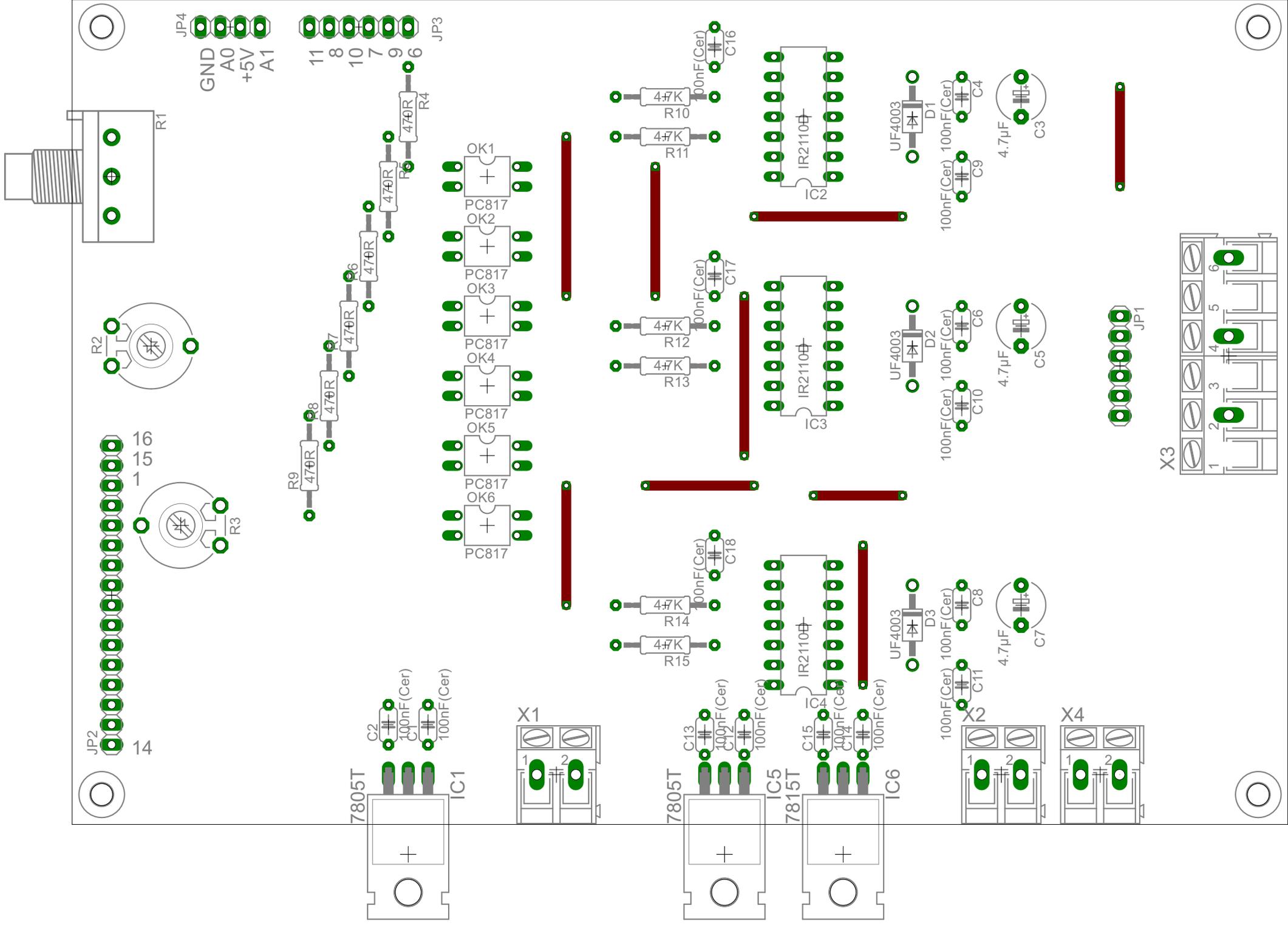
Carte de commande



VARIATEUR DE VITESSE MOTEUR ASYNCHRONE

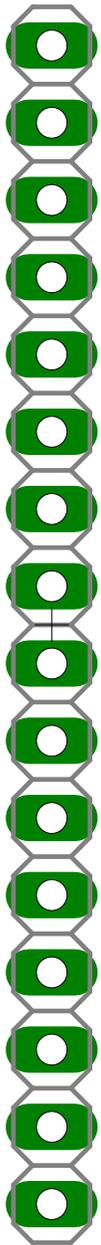
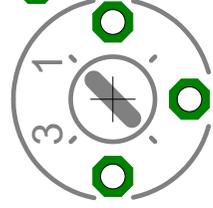
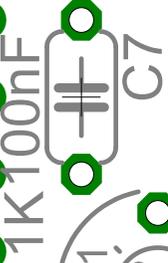
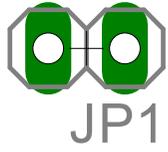
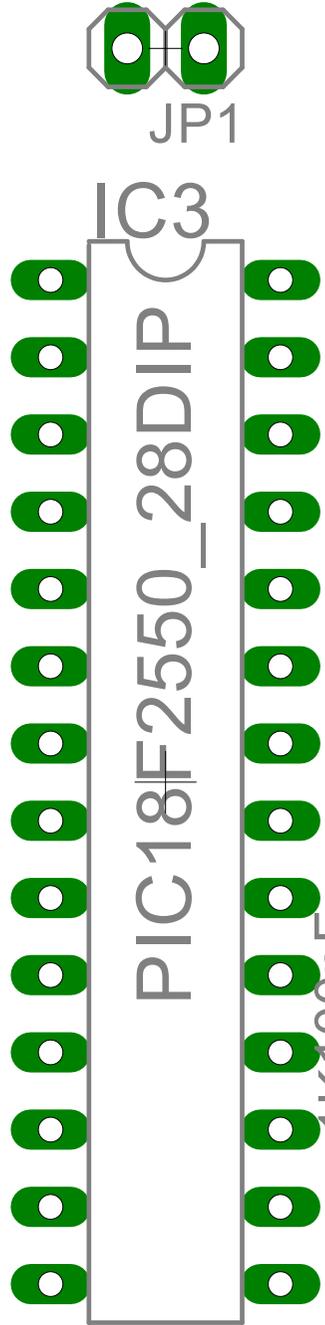
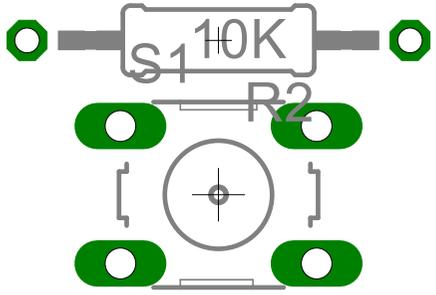
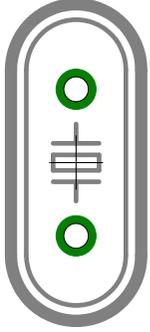
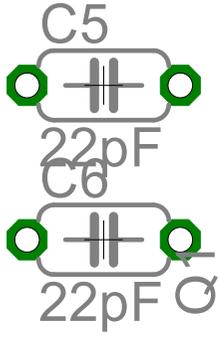
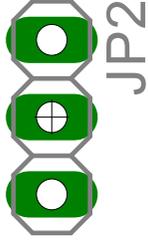




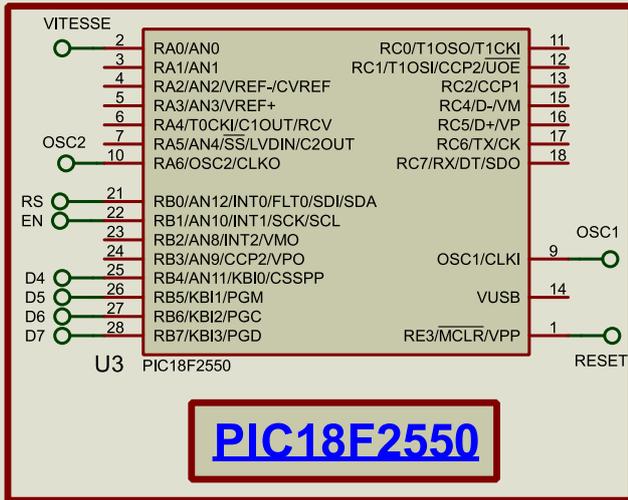


Carte d'affichage

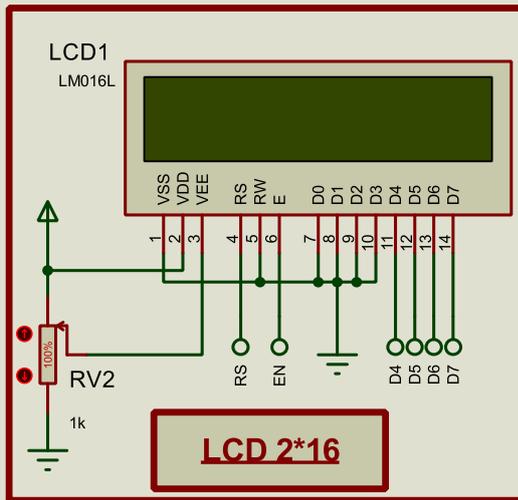




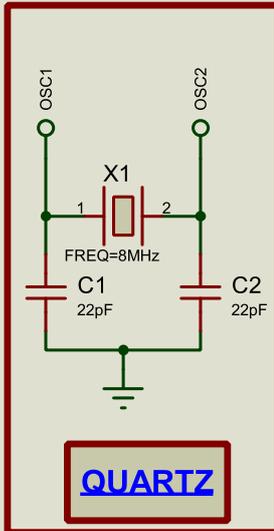
CARTE AFFICHAGE VITESSE



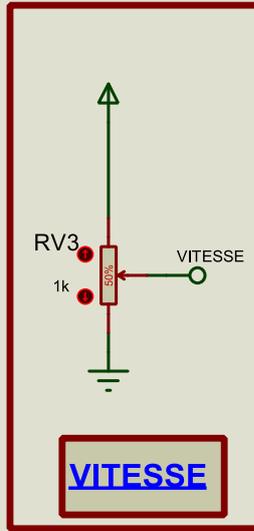
PIC18F2550



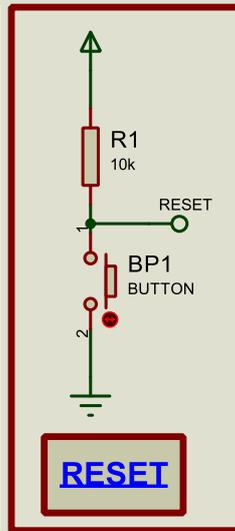
LCD 2*16



QUARTZ



VITESSE



RESET