

3. Etude de la carte commande

3.1 Présentation

Le principal élément qui constitue notre projet destiné à fournir l'alimentation à fréquence variable et à rapport V/f constant est l'onduleur triphasé.

Il s'agit d'un convertisseur continu/alternatif en pont formé de trois bras (un pour chacune des trois phases) ; chacun de ces bras étant constitué de deux IGBT.

La structure à six interrupteurs électroniques nécessite des signaux de commande :

- complémentaires avec temps morts pour des IGBT du même bras.
- identiques à 120° pour chaque bras afin d'obtenir un système triphasé.

Le rôle de la carte commande sera de fournir ces signaux de commande à chacun des six transistors

3.2 Entrées-sorties

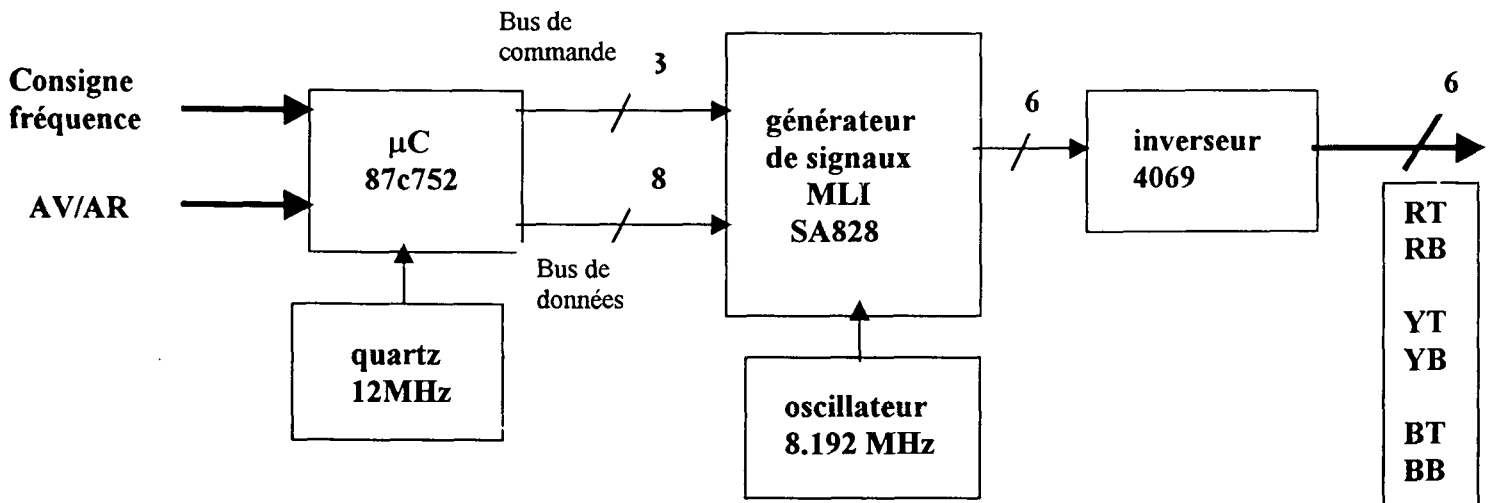
Entrées :

NOM	NATURE	FONCTION	PROVENANCE
Consigne Fréquence	Signal Analogique	Permet de fixer la vitesse de synchronisme de la MAS	Potentiomètre face avant
Avant/Arrière	Signal Logique	Permet de fixer le sens de rotation de la MAS	Inverseur face avant

Sorties :

NOM	NATURE	FONCTION	DESTINATION
RT ; RB	Signaux Logiques	Signaux de commande des IGBT du premier bras (RED)	Carte Interface
YT ; YB	Signaux Logiques	Signaux de commande des IGBT du deuxième bras (YELLOW)	Carte Interface
BT ; BB	Signaux Logiques	Signaux de commande des IGBT du troisième bras (BLUE)	Carte Interface

3.3 Synoptique de la carte commande :



3.4.SCHEMA

Généralité sur la MLI

La stratégie de commande des IGBT de l'onduleur utilisée par le SA828 est la MLI sinus-triangle. Il s'agit de créer deux signaux :

- Un signal sinusoïdal d'amplitude et de fréquence variable (0 à 80Hz), appelé «référence».
- Un signal triangulaire de fréquence élevée devant celle de la référence (de l'ordre de 1kHz) appelé «porteuse».

Ces deux signaux sont comparés, et le résultat de la comparaison sert à commander l'ouverture et la fermeture des IGBT.

Cette stratégie nous permet d'obtenir un spectre de la tension de sortie qui présente un fondamental dont la fréquence et l'amplitude dépendent de la référence, et des harmoniques d'amplitudes importantes, mais dont les fréquences sont proches de celle de la porteuse, donc très élevées. Le filtrage est donc très facile sur charge inductive (enroulements de la MAS) ce qui permet d'obtenir un courant avec très peu d'harmoniques (presque sinusoïdal) permettant un fonctionnement normal de la MAS.

REMARQUE :

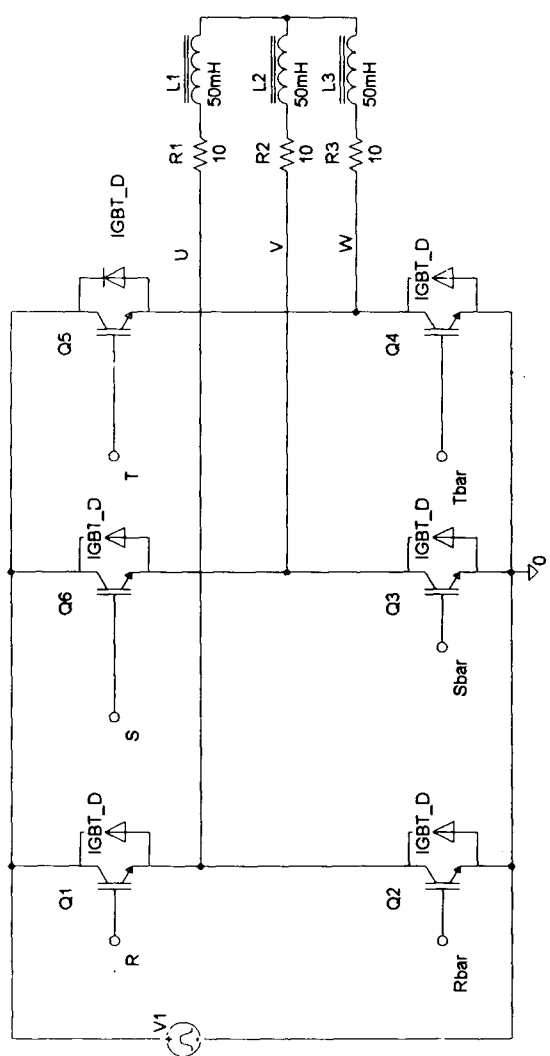
En triphasé, grâce à la composition des tensions monophasées, l'harmonique 3 et ses multiples disparaissent de la tension de sortie, en tensions composées. On peut alors augmenter l'amplitude du fondamental de la tension de 15% en injectant de l'harmonique 3 à la référence

3.5 Simulation

Afin de définir l'allure des signaux de sortie du SA828 il est nécessaire de simuler le circuit de puissance en remplaçant chaque phase de la MAS par un circuit RL série ayant les mêmes caractéristiques qu'un enroulement. La commande des IGBT est décrite ci-dessus. L'allure des tensions et des courants de sorties que nous visualisons grâce au logiciel de simulation correspond bien au attendu : c'est à dire obtenir un courant présentant peu d'harmonique.

1

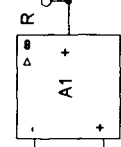
2



B

A

$$1.16 \cdot \sin(6.28 \cdot (\text{Freq}) \cdot \text{time}) + 0.0 \cdot \sin(6.28 \cdot 3 \cdot (\text{Freq}) \cdot \text{time})$$

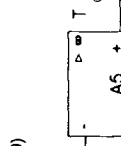


PARAMETERS:
 Fref 50
 Fmod 1k

$$1.16 \cdot \sin(6.28 \cdot (\text{Freq}) \cdot \text{time} - 2.094) + 0.0 \cdot \sin(6.28 \cdot 3 \cdot (\text{Freq}) \cdot \text{time})$$



$$1.16 \cdot \sin(6.28 \cdot (\text{Freq}) \cdot \text{time} - 4.189) + 0.0 \cdot \sin(6.28 \cdot 3 \cdot (\text{Freq}) \cdot \text{time})$$

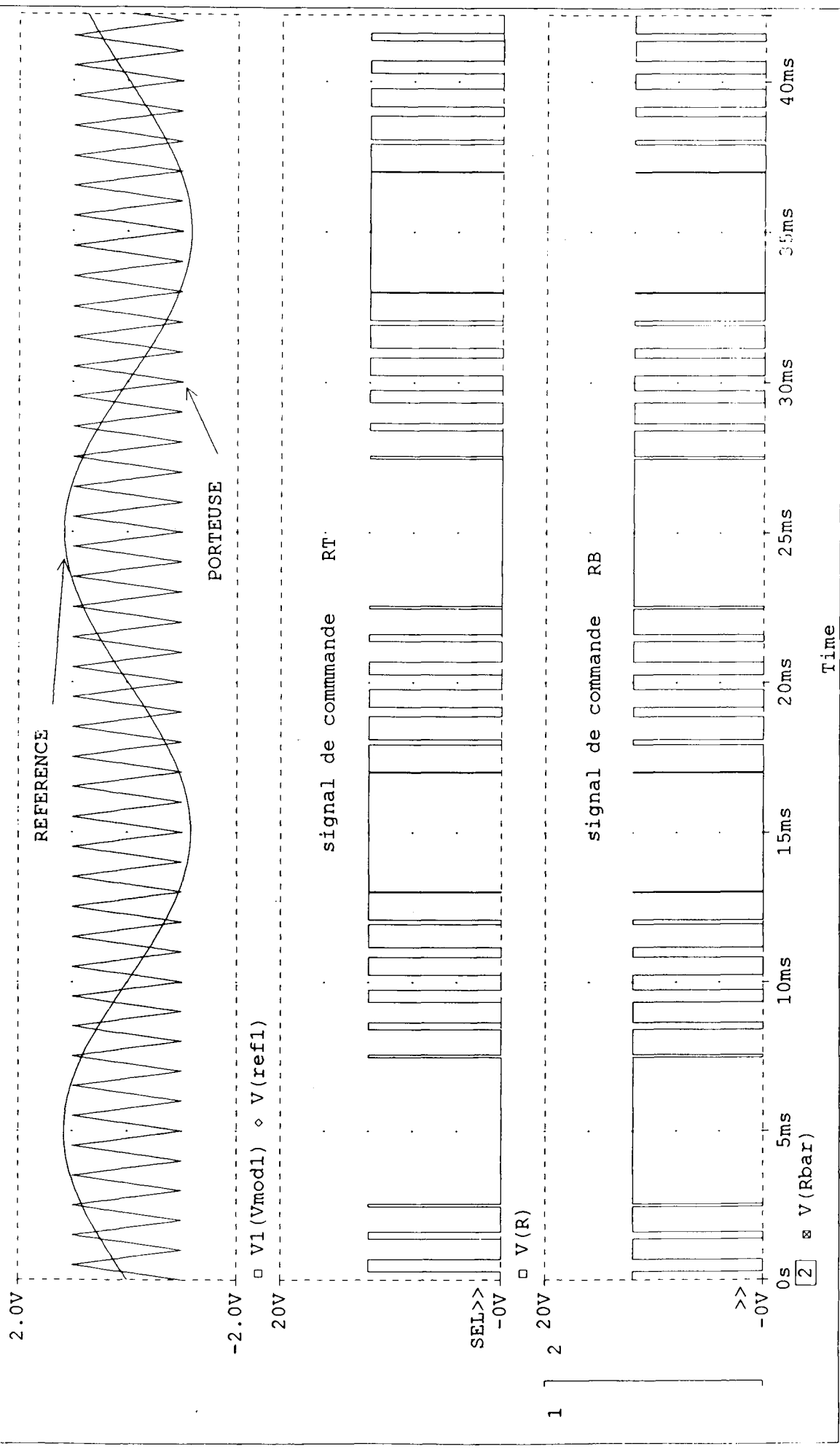


1

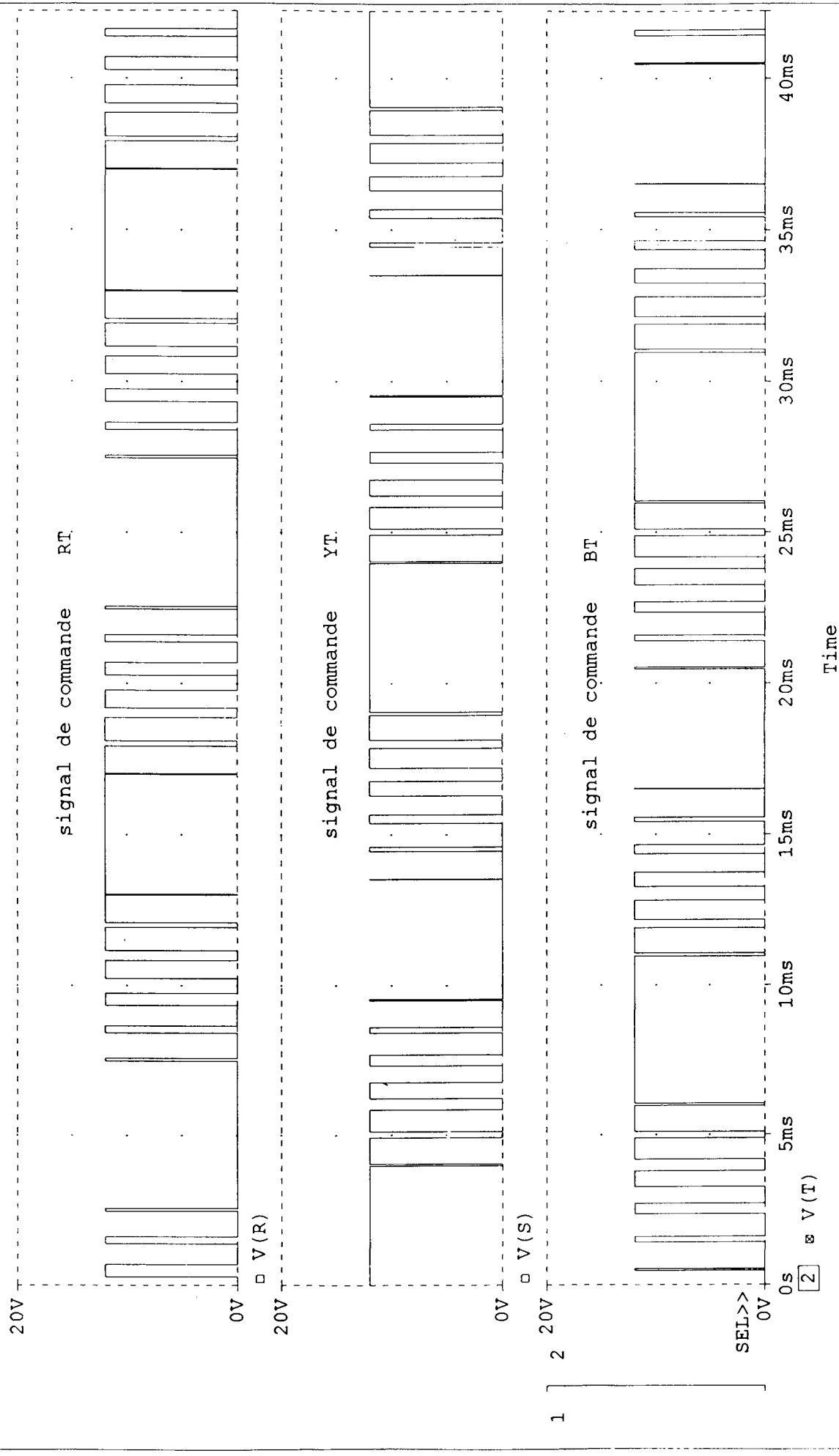
2

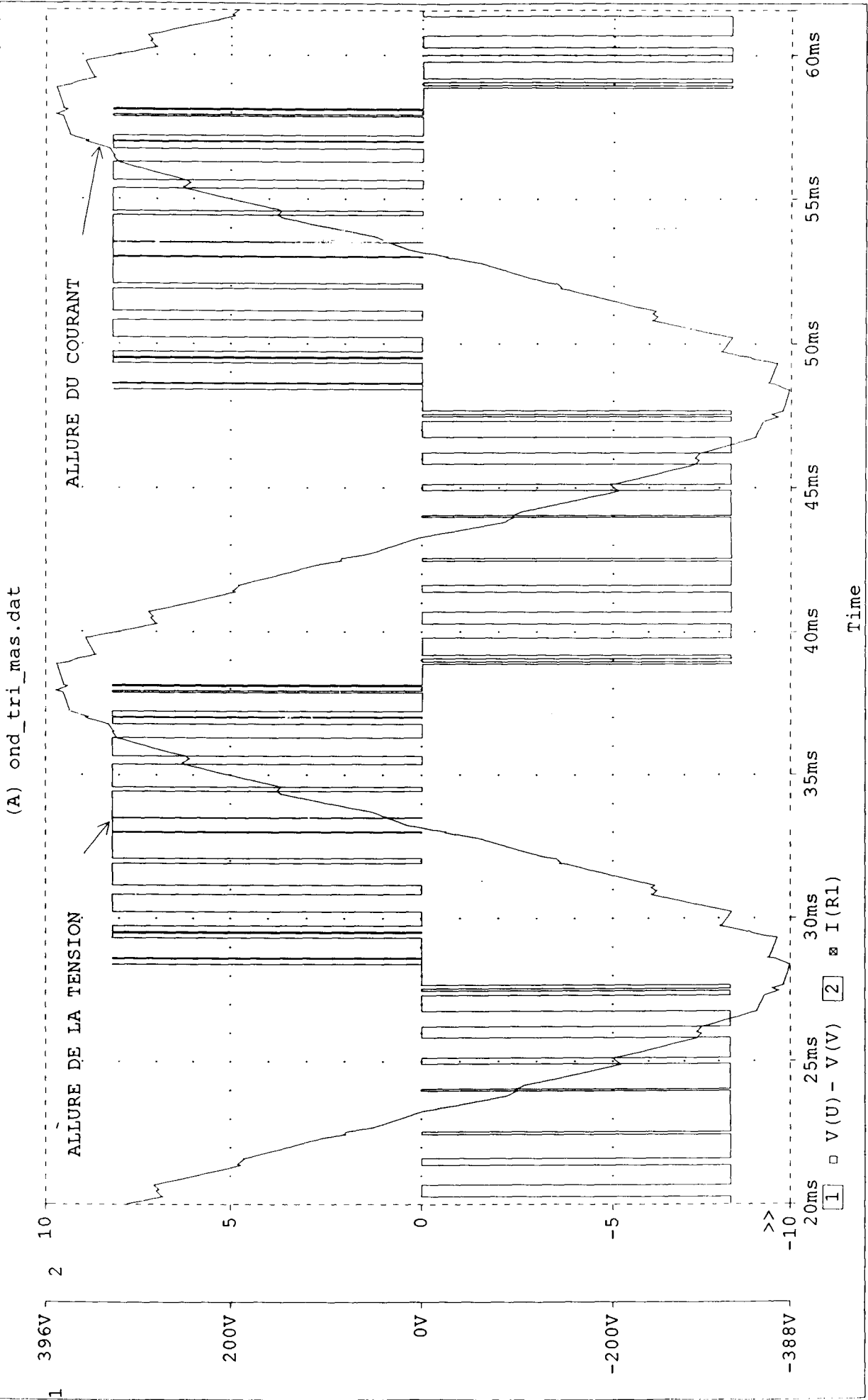
LYCEE TECHNIQUE NEWTON ENREA	ET2A	1998/1999
ONDULEUR TRI COMMANDE MLI		
AMGHAR/JOUADI/FERNADES	MLI2.SCH	

(A) ond_tri_mas.dat



(A) ond_tri_mas.dat





3.6.CALCUL ET CHOIX DES COMPOSANTS

3.6.1 Le microcontrôleur 87C752

En fonction de la position du potentiomètre de réglage de la vitesse et de l'inverseur qui fixe le sens de rotation ; le microcontrôleur écrit les données après conversion dans les registres R0 à R4 du SA828.

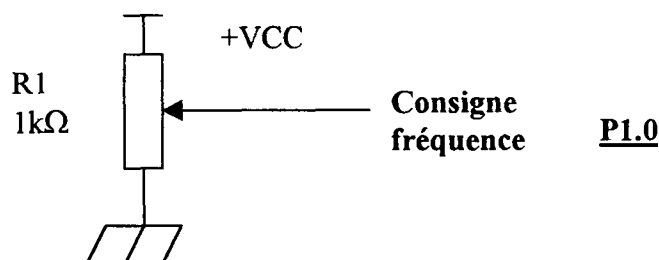
Alimentation :

Sachant que notre carte est alimentée en 0V +12V depuis une carte annexe et que les circuits intégrés ont besoin d'une alimentation 0V ; +5V ; on crée cette dernière à l'aide d'un régulateur U1 7805 accompagné de trois condensateurs de filtrage.

Entrées :

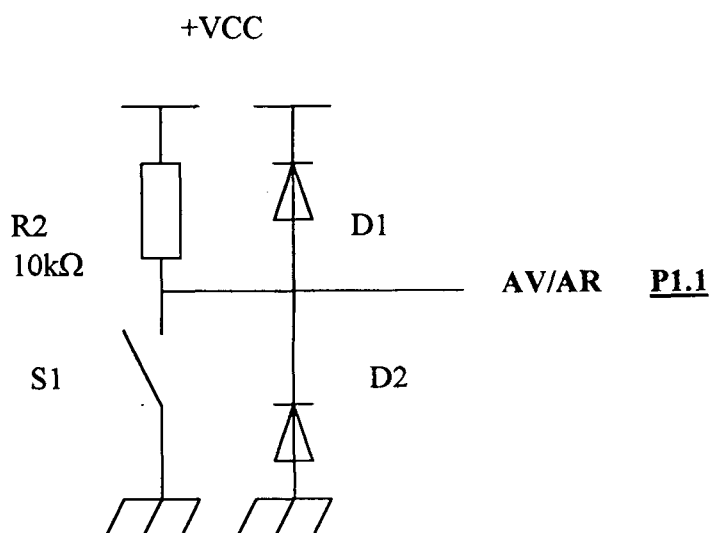
Consigne fréquence :

Afin de pouvoir varier la fréquence d'alimentation, donc la vitesse de synchronisme, de la MAS on fait varier le rapport potentiométrique du potentiomètre R1 se trouvant sur la face avant du rack. La valeur choisie pour R1 est de $1k\Omega$.



Avant - Arrière :

Le choix du sens de rotation de la MAS s'effectue grâce à l'interrupteur S1 se trouvant sur la face avant du rack. Il s'agit d'un signal logique.(0V ; +5V). Deux diodes d'écrêtage permettent de protéger le μC des surtensions en obligeant le signal AV/AR à avoir des valeurs comprises entre $-0.7V$ et $5.7V$. R2 est choisie de telle sorte que l'intensité qui la traverse soit négligeable $10k\Omega$ semble convenir.



Sorties :

Bus de commande

Ce bus contenant les signaux WR/ ;ALE et RST/ a pour rôle de commander le SA828

P1.4 → RST/
P1.5 → ALE
P1.6 → WR/

Bus de données/adresses

Ce bus permet d'envoyer la consigne fréquence et le sens de rotation après conversion en numérique au SA828.

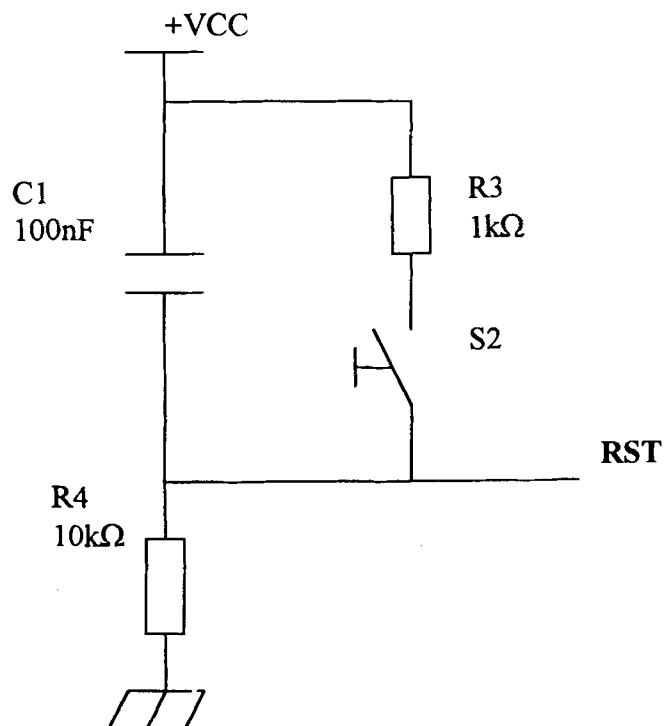
P3.0 → AD0 P3.4 → AD4
P3.1 → AD1 P3.5 → AD5
P3.2 → AD2 P3.6 → AD6
P3.3 → AD3 P3.7 → AD7

Circuit de remise à zéro :

Le μC a besoin pour son initialisation d'un reset actif au niveau haut. Lors de la mise sous tension, à l'instant $t = 0^+$ le condensateur C1 est déchargé ce qui permet d'envoyer un niveau haut sur RST pour la remise à zéro. Une fois C1 chargé (quelques ms), RST est au niveau bas.

Pour une remise à zéro en fonctionnement, il suffit d'une action sur S2 pour décharger C1 dans R3.

C1=100nF R3=1k Ω R4=10k Ω



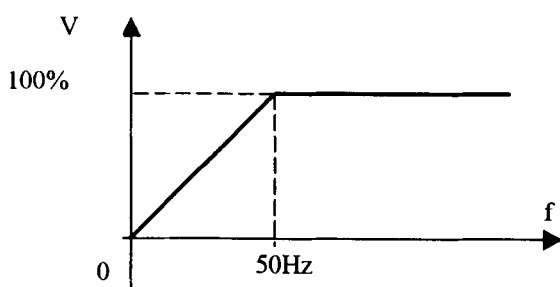
Horloge :

L'horloge nécessaire au fonctionnement du μC sera constituée d'un quartz Y de 12MHz et de deux condensateurs C5 et C6 de 22pF chacun ; comme nous le préconise le fabricant du μC . Les deux bornes de l'horloge sont reliées à X1 et X2.

3.7 Programme :

3.7.1 Cahier des charges :

- On désire une rampe (5s pour une variation de la vitesse de 0 à N_{maxi})
- L'inversion de sens de rotation ne doit être prise en compte qu'à vitesse nulle.
- On utilisera une horloge à quartz disponible au lycée de fréquence 8,192 MHz
- Fréquence de la porteuse : 1kHz
- Fréquence maximum de la référence : 80 Hz environ
- Largeur minimum d'une impulsion : 5 μs environ
- Durée du temps mort : 2 μs environ
- Caractéristique $V = f(F)$ de la forme :



3.7.2 Programmation du SA828 :

3.7.2.1 Registre d'initialisation :

- **Fréquence de la porteuse :**

Le cahier des charges impose une fréquence de la porteuse de 1 kHz. Celle-ci dépend du coefficient n et de la fréquence de l'horloge suivant la formule : $f_{\text{CARR}} = \frac{k}{512 \times n}$ où k est la fréquence de l'horloge et CFS un mot du registre d'initialisation. On déduit de la formule $n = 16$.

Le tableau n°4 nous donne $\text{CFS} = 100$.

- **Fréquence maximum de la référence :**

Le cahier des charges nous impose une fréquence maximum de la référence de 80 Hz environ. Celle-ci dépend de la fréquence de la porteuse f_{CARR} et du coefficient m suivant la formule : $f_{\text{RANGE}} = \frac{f_{\text{CARR}}}{384} \times m$. On en déduit $m = 38,4$. La valeur la plus proche dans le tableau n° 5 est $m = 32$ (soit $\text{FRS} = 101$). Ce qui nous donnera une valeur de 83,33 Hz très proche de celle du cahier des charges.

- **Durée du temps mort :**

Le cahier des charges nous impose une durée de 2 μs . Celle-ci dépend de la fréquence de la porteuse f_{CARR} et du coefficient $pd\dot{y}$ suivant la formule : $t_{pd\dot{y}} = \frac{pd\dot{y}}{f_{\text{CARR}} \times 512}$. On en déduit

$pd\dot{y} = 1,024$. La valeur la plus proche dans le tableau n° 6 est $pd\dot{y} = 1$ (soit $\text{PDY} = 111111$). Ce qui nous donnera une valeur de 1,95 μs très proche de celle du cahier des charges.

- **Durée minimum d'une impulsion :**

Le cahier des charges nous impose une durée minimum de $5\mu s$. Celle ci dépend de la fréquence de la porteuse f_{CARR} et du coefficient pdt suivant la formule : $t_{pd} = \frac{pdt}{f_{CARR} \times 512}$. On

en déduit $pdt = 2,56$. La valeur la plus proche dans le tableau n° 7 est $pdt = 3$ (soit $PDT = 1111101$). Ce qui nous donnera une valeur de $1,95\mu s$ très proche de celle du cahier des charges.

- **Remise à zéro du compteur :**

Pour que le circuit soit valide il faut que $CR=1$.

On déduit de ce qui précède les valeurs du registre d'initialisation :

$R0 = 1111\ 1101 = 0xFD$

$R1 = 101x\ x100 = 0xA4$

$R2 = xx11\ 1111 = 0xFF$

3.7.2.2 Registre de commande :

- **Choix de la fréquence du fondamental :**

La valeur de la fréquence du fondamental dépend de la fréquence maximum définie par le registre d'initialisation (voir § précédent) et du mot de 12 bits PFS suivant la formule :

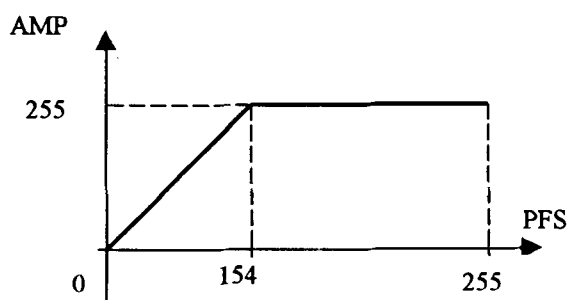
$f_{POWER} = \frac{f_{RANGE}}{4096} \times PFS$. Dans notre application, la fréquence dépend de la tension aux bornes d'un

potentiomètre numérisée avec un CAN 8 bits. Le mot de 8 bits issu du CAN qui représente la fréquence désirée sera donc décalé de 4 bits vers la gauche puis réparti entre les registres R0 et R1.

- **Choix de l'amplitude du fondamental :**

La commande de l'amplitude en pourcentage est donnée par : $Amplitude = \frac{A}{255} \times 100\%$ où

A = valeur décimale de AMP contenu dans le registre R2. La relation entre la fréquence et l'amplitude du fondamental c'est à dire entre AMP et PFS est donnée par le cahier des charges :



On en déduit que :

- Si $PFS < 154$ alors $AMP = 1,656 \times PFS$
- Si $PFS > 154$ alors $AMP = 255$

Cette relation est transcrite dans une table de 256 octets.

- **Choix du sens de rotation :**

L'état de l'inverseur qui est en face avant de la carte est recopié dans le bit 7 du registre R1.

3.7.2 Programme du microcontrôleur 87C752 :

3.7.2.1 Présentation :

On utilise la structure proposée par le fabricant dans sa note d'application. Après initialisation du microcontrôleur puis du SA828, le programme principal consiste en une boucle sans fin qui est interrompue lorsqu'il y a une interruption. Les sources d'interruption sont :

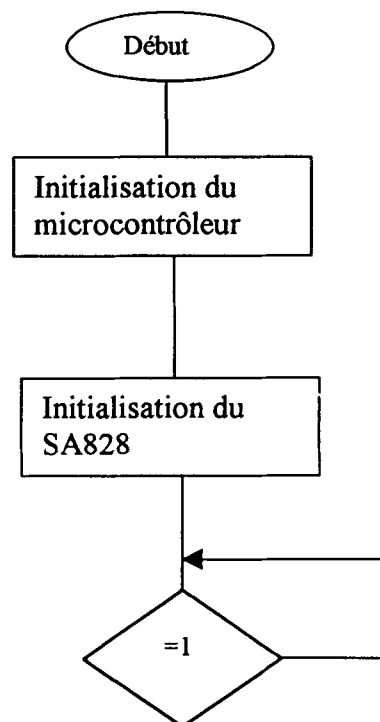
- **Interruption du timer 0 :** A chaque fois que le timer 0 déborde, une interruption est générée. La fréquence et l'amplitude du fondamental sont modifiées s'il y a lieu puis une conversion est lancée.

Le timer 0 est programmé pour fonctionner en compteur 16 bits de fréquence 1Mhz à autorechargement. Pour obtenir une rampe de 5s, il faut une interruption toutes les $\frac{5s}{256} = 19,5ms$. Le timer 0 est programmé pour compter à la fréquence de 1MHz. Pour déborder au bout de 19,5ms, il doit être chargé avec la valeur $65536 - 19500 = 46036$.

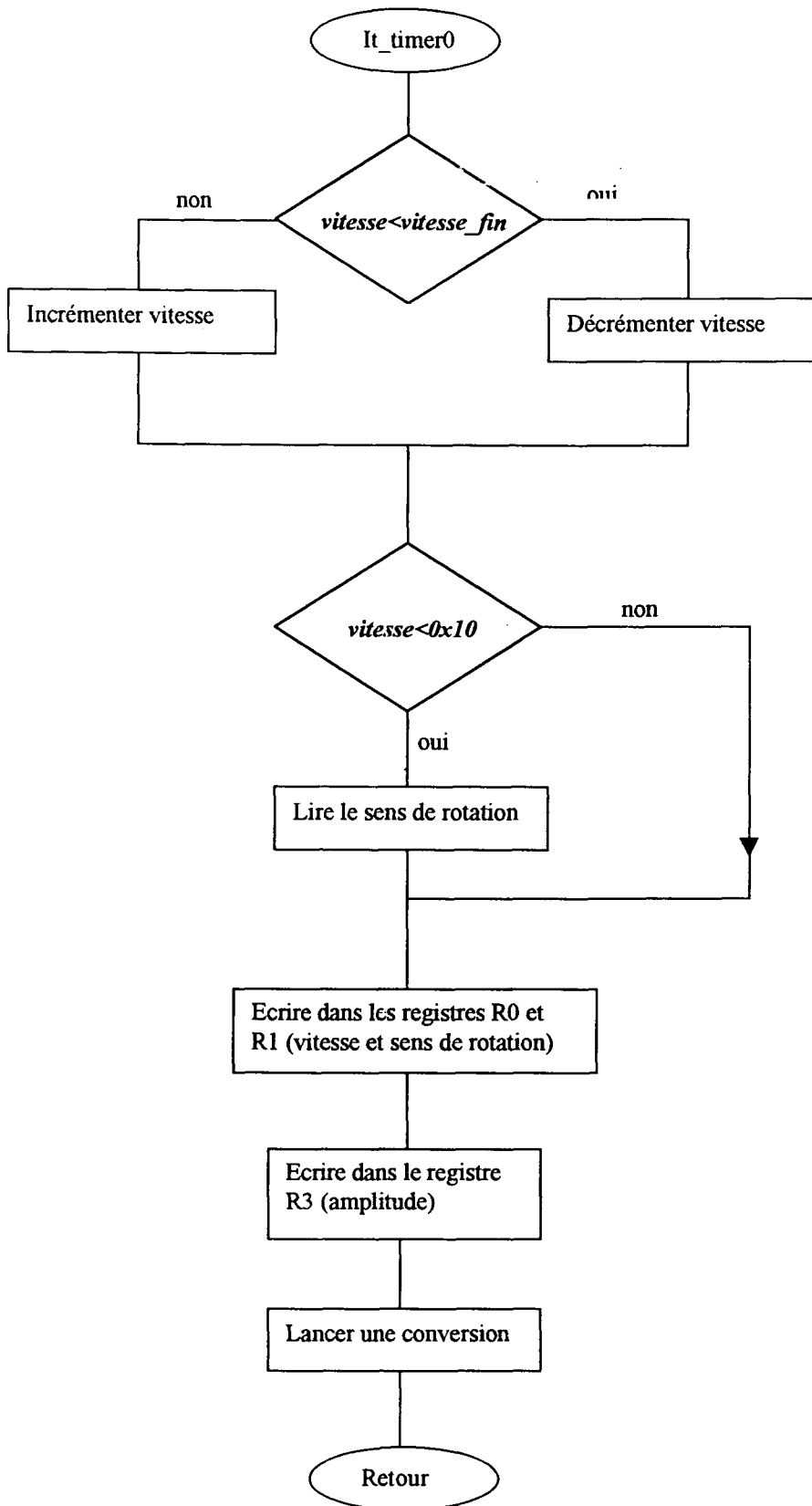
- **Interruption du CAN :** Lorsque la conversion démarrée dans le sous-programme d'interruption du timer 0 est finie est terminée, une interruption est générée. La variable *vitesse_fin* est mise à jour.

3.7.2.2 Organigramme :

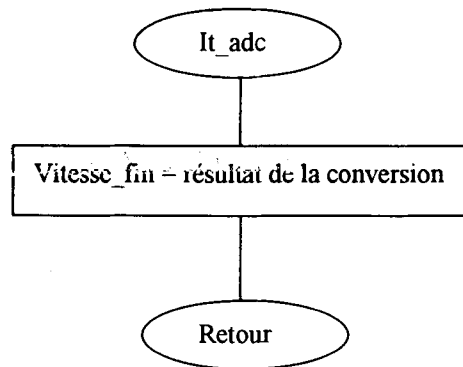
- Programme principal :



• Sous-programme d'interruption du timer 0 :



- **Sous-programme d'interruption du CAN :**



3.7 Essai de la carte commande

- on utilise pour l'essai de la carte :
 - une alimentation 0 ;+12V
 - un oscilloscope à mémoire
 - un support de carte
 - une table traçante

Le but de ces essais est de retrouver les signaux définis lors de la simulation :

RT ;RB complémentaires

RT ;YT ;BT identiques à 120°

YT ;YB complémentaires

RB ;YB ;BB identiques à 120°

BT ;BB complémentaires

CONCLUSION :

D'après les courbes obtenues lors de l'essai, on peut conclure que la carte fournit bien ce qui lui est demandé et est en mesure de commander les IGBT de l'onduleur triphasé.