

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI, TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Controle

Thème:
***MISE EN ŒUVRE D'ALGORITHME MLI
VECTORIELLE AVEC UNE CARTE
DSPACE DS 1102***

Proposé : M^{me} Aissamane Alia
Dirigé par : M^{lle} Kachenoura Ghania

Etudié par :
M^{elle}: Fraoun Safia
M^{me}: Khadi Chafia
M^r: Bourouh Yassine

Promotion 2008

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : Etude et mise en marche de la carte DS1102	
1-1-Introduction	3
1-2-Les DSP	3
1-2-1-Critère de choix du contrôleur DSP	4
1-3-Les générateurs de codes vers Dspace.....	4
1-4-Description de la carte de contrôle DS1102.....	5
1-4-1-Schéma bloc de la carte de contrôle DS1102.....	7
1-4-2-Description et fonctionnement de chaque bloc de la carte de contrôle DS1102....	8
1-4-2-1- Le TMS320C31 DSP	8
1-4-2-2-Le TMS320P14 DSP – microcontrôleur et les I/O digitales	8
1-4-2-3- La mémoire RAM.....	11
1-4-2-4- Interface série	11
1-4-2-5-interfaces JTAG	11
1-4-2-6- Encodeur incrémental	12
1-4-2-7 -Convertisseurs A/D et D/A	12
1-4-2-8 -Interface interne	12
1-5- Installation et configuration de la carte DS1102	13
1-5-1- Configuration de la carte de contrôle	14
1-6- CP1102 ET CLP 1102.....	15
1-6-1 Description.....	15
1-7-logiciel et programmation	16
1-7-1- Gestion de la plateforme	18
1-7-2- Capture de données	20
1-7-3- Manipulation des paramètres	21
1-7-4- Système temps réel	22
1-7-5- Interface temps réel (RTI) de la carte DS1102	22
1-7-6- Rtilib1102	23
1-8- Mode opératoire de fonctionnement de la carte DSPACE :.....	23
1-8-1- Création d'un schéma bloc avec SIMULINK	23
1-8-2-Téléchargement du model (schéma bloc) dans la carte DSPACE	23
1-8-3-Création d'un espace du travail avec control desk	23
1-9-Exemple d'acquisition et d'affichage des données avec une carte DS1102	23
1-9-1- La modélisation du système	23
1-9-2-Le téléchargement du model	24
1-9-3- La construction d'un espace du travail	25

1-9-4-Le lancement de l'opération	31
1-10-Les étapes de développement d'un système temps réel	32
1-11-Principe de fonctionnement de la carte DSPACE DS1102.....	33
1-12-Conclusion	34

CHAPITRE 2 : Généralité sur les onduleurs

2-1-Introduction.....	35
2-2-Interrupteur de puissance.....	35
2-3-Le driver.....	35
2-3-1-Pilotage.....	35
2-3-2-Sécurité.....	36
2-3-3-Isolation galvanique	36
2-4-Récapitulatif.....	36
2-5-Les onduleurs.....	37
2-6-Différents types d'onduleurs.....	37
2-6-1-Les onduleurs de tension	38
2-6-2-Les onduleurs de courant.....	38
2-7-Principe de fonctionnement.....	38
2-8-Cellule de commutation	41
2-9-Structure	41
2-9-1-Onduleur monophasé	41
2-9-2-Onduleur triphasé.....	42
2-10-Différents types de commande des onduleurs	43
2-10-1-Commande en plein onde.....	44
2-10-2-La commande MLI.....	44
2-11-Conclusion.....	45

CHAPITRE3 : La modulation de largeur d'impulsion dans les onduleurs de tension

3-1-Introduction.....	46
3-2-Modulation de largeur d'impulsion	46
3-2-1- Principe de la modulation de Largeur d'Impulsions Sinus-Triangle	46
3-2-2-Le principe de la modulation vectorielle	48
3-3-Alimentation par un onduleur de tension	48
3-4-Onduleur de tension triphasée.....	49
3-4-1- Modèle de l'onduleur de tension: liaison entre le coté continu et le coté alternatif..	49
3-5- Mise en œuvre de la modulation Vectorielle.....	53
3-5-1-Transformation de Concordia.....	53
3-5-2 Vecteurs de commande.....	53
3-5-3- Etape 1 : la détermination de V_{α} , V_{β} , V_{ref} et l'angle θ	56
3-5-4- Étape 2: génération des séries d'impulsions T_1 , T_2 et T_0	57
3-5-5- Durée des temps de commutation dans le secteur1	57
3-5-6 Durée des temps de commutation dans un secteur quelconque.....	58

3-5-7-Étape 3 : détermination des instants de commutation pour chaque interrupteur	60
3-6-Conclusion	60

CHAPITRE 4 : Programmation et simulation

4.1 Introduction	61
4.2 Résultats de simulation.....	61
4.3 Résultats pratique.....	65
4.5 Conclusion	70

CONCLUSION GENERALE.....	71
---------------------------------	-----------

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE



Introduction Générale

La plupart des systèmes de commande d'aujourd'hui sont mises en application en utilisant les contrôleurs digitaux. Ce type de système de commande s'appelle un système échantillonné de données, dans lequel le contrôleur est mis en application sur un calculateur numérique dont les calculs sont exécutés par un processeur de type DSP (Digital Signal Processing) qui est inclus dans le système en boucle. Afin de développer et mettre en application un système de commande temps réel, l'utilisation d'un calculateur numérique puissant est indispensable.

Les composants DSP sont de plus en plus utilisés pour réaliser des commandes optimales des moteurs synchrones et asynchrones à travers des onduleurs modulation de largeur d'impulsion.

Les exigences techniques que doivent satisfaire dans différents domaines les onduleurs, font que ces derniers deviennent plus performant en ce qui concerne la forme de leurs tension de sortie. Leur rendement est très important puisque les pertes sont facilement élevées lorsque l'on véhicule des quantités importantes d'énergie, ainsi une commande adéquate nous permet de minimiser les pertes.

Le type de commande des convertisseurs à une influence sur la qualité des grandeurs de sortie de ces derniers, c'est pour cette raison que le choix des composants constituant la cellule de commutation et la commande à une importance primordiale pour le bon fonctionnement des convertisseurs. De nos jours la commande en modulation de largeur d'impulsion (MLI) est la plus utilisée dans la plupart des convertisseurs. Cette commande est obtenue à l'aide des systèmes électronique de commande analogique, les plus performants sont de type souvent numérique.

En électronique de puissance la simulation est un outil important pour prévoir le comportement d'un système, il est intéressant d'utiliser des outils mathématiques appropriés pour tester ou faire fonctionner en quasi-émulation un montage.

Introduction Générale

Les systèmes utilisant une électronique de puissance sont souvent multidisciplinaire, une gestion de contrôle de tel système est souvent complexe. Un outil tel la DSPACE est un moyen inespéré, car ce dernier se programme sous matlab, un logiciel très convivial et en plus une librairie inestimable pour l'électronicien de puissance.

Notre travail consiste à générer un programme de modulation de largeur d'impulsion vectorielle en temps réel en utilisant une DSPACE.

La présentation de notre travail est structurée en quatre chapitres :

Après une introduction générale, nous présenterons dans le premier chapitre l'étude et mise en marche de la carte d'acquisition en temps réel (DSPACE DS1102).

Dans le second chapitre, nous donnons des généralités sur les onduleurs en citant ses différents types ainsi que les différentes techniques de commandes qui peuvent s'appliquer sur ces derniers.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude de la modulation de largeur d'impulsion dans les onduleurs de tension en basant sur la MLI vectorielle.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application et la génération de la MLI vectorielle. On termine par une conclusion générale.

1-1-Introduction

Ces dernières années ont été marquées par le développement des cartes d'acquisition et de contrôle à temps réels basés sur le processeur **DSP** (Digital Signal processing). La puissance et la rapidité de calcul de ces composants sont les principales raisons de leurs utilisations. Parmi ces cartes de contrôle on distingue la **DS1102** commercialisée par la société Dspace.

La carte **DS1102** est désignée spécifiquement pour la commande, le contrôle et la simulation en temps réel, elle est utilisée dans plusieurs domaines comme la robotique et le traitement numérique du signal. Dans notre application elle sera exploitée pour générer des impulsions de commande (MLI) en temps réel pour les onduleurs.

La carte **DS1102** est basée sur le processeur TMS320C31 à virgule flottante qui est le processeur de traitement du signal de troisième génération, le **DSP** est complété par un ensemble de périphériques comme le convertisseur analogique/numérique, numérique/analogique, l'interface série, l'interface JTAG.

1-2-Les DSP

Un DSP est un type particulier de microprocesseur. Il se caractérise par le fait qu'il intègre un ensemble de fonctions spéciales. Ces fonctions sont destinées à le rendre particulièrement performant dans le domaine du traitement numérique du signal. Comme un microprocesseur classique, un DSP est mis en œuvre en lui associant de la mémoire (RAM, ROM) et des périphériques. Il se présente donc généralement sous la forme d'un microcontrôleur intégrant, selon les marques et les gammes des constructeurs, de la mémoire, des timers, des ports séries synchrones rapides, des contrôleurs DMA, des ports d'E/S divers.

1-2-1-Critère de choix du contrôleur DSP

Le DSP est optimisées pour des applications dans le domaine de la commande industrielle, en particulier pour le contrôle dans la conversion d'énergie et la commande des moteurs électrique, caractérise par une parfaite adéquation entre son architecture et l'algorithme utilisé, et offrant des avantages suivants

- Faible pris par rapport aux circuits analogiques réalisant la même fonction.
- Possibilité de résoudre par la programmation, dont la complexité n'est pas limitée, tous sortes de problèmes linéaires ou non linéaires.
- Robustesse, car il est insensible aux variations de température, aux dérives et au vieillissement.
- Flexibilité et souplesse de modification, car il suffit de changer le programme sans modification matérielles.
- Facilité d'intégration sur des cartes numériques.

Dans la commande et le contrôle des systèmes complexes, le DSP joue à La fois le rôle de microcontrôleur et celui de calculateur rapide en temps réel, pour obtenir tous les signaux nécessaires a la commande.

1-3-Les générateurs de codes vers Dspace

La société Scientific Software propose deux logiciels: MATLAB et SIMULINK et une carte d'application nommée dSPACE.

L'analyse mathématique s'effectue grâce au logiciel MATLAB. Pour une étude plus proche des problèmes de l'électronicien où de l'automaticien, il est possible de lui associer le logiciel SIMULINK. L'étude d'un système va alors aboutir à une commande optimisée par DSP, écrite éventuellement en langage C. Un compilateur convertit le programme écrit par le logiciel en un fichier exécutable par un DSP en virgule flottante, situé sur une carte d'implantation Dspace.

1-4-Description de la carte de contrôle DS1102

Cette carte convient parfaitement à la réalisation de prototype rapide de commande ; elle s'articule autour du processeur TMS320C31 de Texas instrument. Elle est connectée via le bus ISA d'un PC, liaison qui permet le téléchargement de code exécutable pour le DSP depuis le PC siège de la compilation. Pour ce faire, la carte est équipée d'une zone mémoire RAM de 128 Ko, le DSP utilisé étant un processeur 32 bit à virgule flottante. Ce lien par bus PC est également mis à profit pour permettre un dialogue de haut niveau en temps réel entre le DSP et les outils de supervision installé sur PC (logiciels Trace et Cockpit). Le processeur est entièrement programmable à partir d'un langage de type schémas blocs (Simulink) grâce au RTI (Real Time interface) et au RTW (Real Time Workshop). Les principales caractéristiques de la carte sont résumées dans le tableau (1-1)

			Résolution	Temps de conversion
Entrées Analogiques	4 voies	Voies 1 et 2	16 bit	4 μ s
		Voies 3 et 4	12 bit	1.25 μ s
Sorties Analogiques	4 voies		12 bit	4 μ s
Entrées Numériques	16		16 bit	
Sorties Numériques	16		16 bit	
Processeur Maître	TMS320C31	40 MHz	32 bit	
Processeur Esclave	TMS320P14	25 MHz	32 bit	

Tableau (1.1) : Caractéristiques de la carte

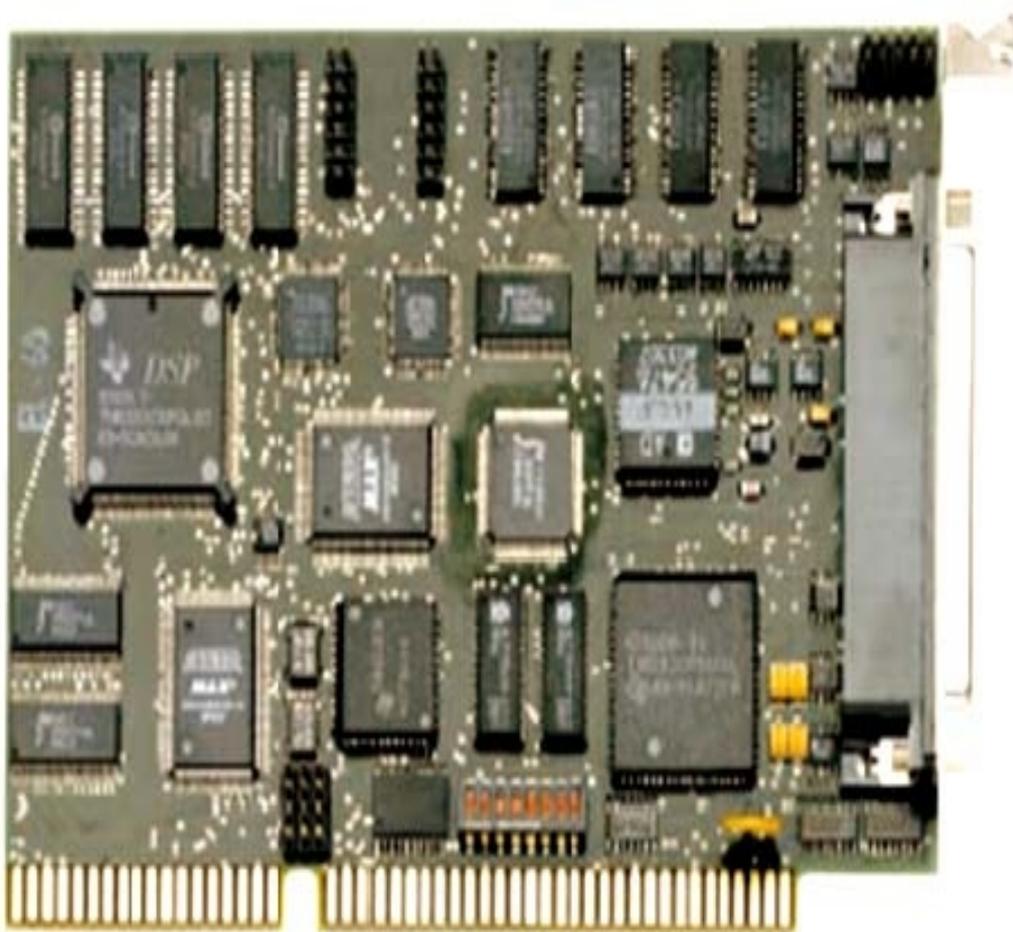


Figure (1.1):carte de contrôle DS1102

1-4-1-Schéma blocs de la carte de contrôle DS1102

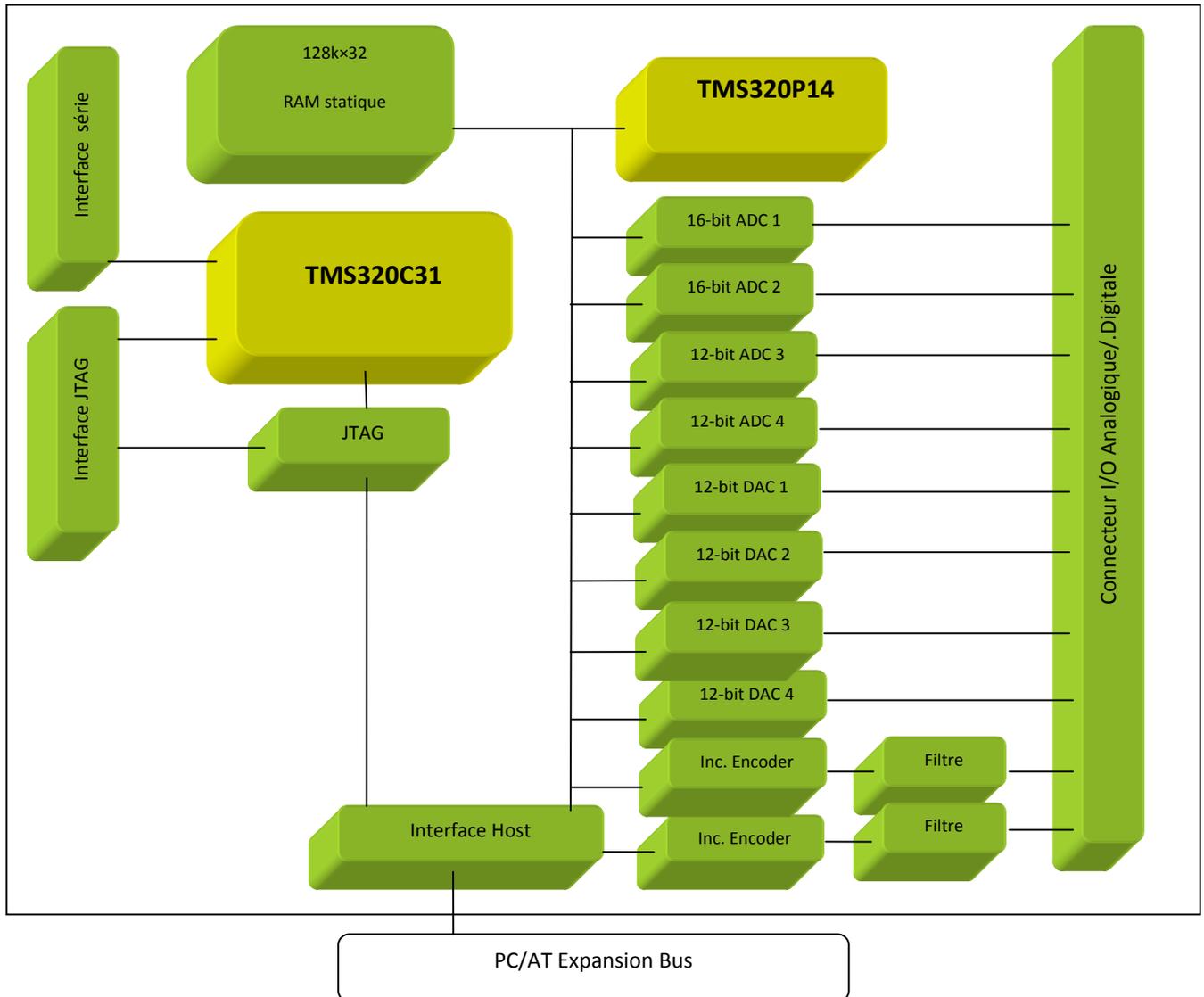


Figure (1.2) : Architecteur interne de la carte de contrôle.

1-4-2-Description et fonctionnement de chaque bloc de la carte de contrôle DS1102

1-4-2-1- Le TMS320C31 DSP

Le DSP TMS320C31 à virgule flottante est un processeur de qualités très élevé parmi la famille des TMS320 VLSI (Very Large Scale Integration).

Il exécute des multiplications parallèles et des opérations AUL en nombres entiers ou bien en nombres à virgule flottante en un seul cycle. Le TMS320C31 contient un espace d'adressage très large avec différents modes d'adressages permettant l'utilisation d'un langage haut niveau pour le développement d'application.

La carte DS1102 utilise les bus d'arbitrage des dispositifs du TMS320C31 pour permettre un accès à toutes les mémoires externe du DSP, permettre aussi de grandes opérations de téléchargements sans faire recours à un moniteur programme en exécution dans le DSP.

Pour quelques caractéristiques principales du TMS320C31 voir annexe A.

1-4-2-2-Le TMS320P14 DSP – microcontrôleur et les I/O digitales

Le sous-système digital-I/O de DS1102 est basé sur le microcontrôleur DSP TMS320P14, qui est un processeur de 16-bits à virgule fixe implanté dans cette carte comme processeur esclave, il comporte des bits de sélection du port I/O parallèle, quatre timers, six circuits PWM, quatre entrées de capture et une interface série.

Le TMS320P14 contiens des progiciels faisant de tous les périphériques ce trouvant sur la carte accessible par le TMS320C31.

Après l'alimentation de la carte le DSP exécute un programme I/O résident dans sa PROM, cette PROM est augmenté par un programme RAM externe fournissant un dispositif de téléchargement de programme qui permet une exécution parallèle de programmes DSP spécifique pour le TMS320C31.

Il existe deux types de liaisons entre les deux processeurs : un bus parallèle classique de 32 bits et une liaison de 32 bits « bufférisée » via une pile de type FIFO, cette dernière a l'avantage de permettre une communication entre les deux processeurs sans synchronisation de ces deux derniers. Ce type de liaison assure des durées d'exécution des tâches très courtes voir le schéma synoptique de la suivant :

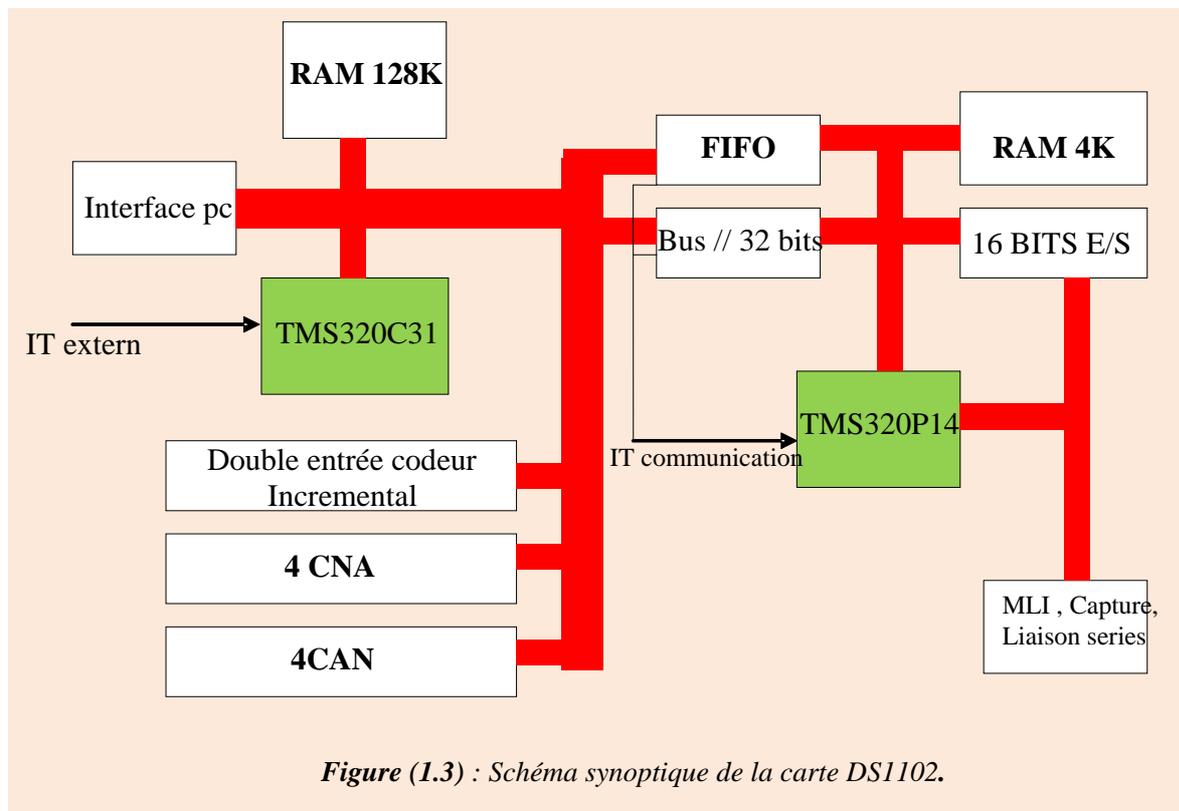


Figure (1.3) : Schéma synoptique de la carte DS1102.

La communication entre le TMS320P14 et le TMS320C31 est exécutée via un port de communication de 32-bits ou bien par l'intermédiaire d'une FIFO large de 32-bits.

Ce port de 32-bits permet une lecture et écriture dans la mémoire programme du DSP esclave, mémoire de donnée et les périphériques de la carte par de simples commandes.

FIFO peut être utilisé alternativement pour des applications comme un générateur de fréquence, mesure de fréquence, la mise d'une PWM synchrone et une communication série.

Le TMS320P14 incorpore un port de 16-bits I/O parallèle dont 16-bit individuel pour la sélection des pins I/O.

Ce port I/O par quatre registres de 16-bits (IOP, DDR, BSET, BCLR).

Tous ces 16 pins I/O sont accessibles par le connecteur (P10).

Pour quelques caractéristiques principales du TMS320P14 voir annexe A.

➤ **Bloc de générateur PWM []:**

Le bloc Générateur PWM (*PWM generator bloc*) peut, par la grande flexibilité de sa programmation, être utilisé dans un grand nombre d'applications liées au contrôle de transducteurs électromagnétiques. Moteurs triphasés, biphasés et monophasés peuvent être contrôlés de façon standard.

Le générateur PWM contrôle trois paires de signaux PWM disponibles sur six pins configurées en sorties. Ces six sorties permettent le contrôle de trois branches d'un convertisseur de fréquence par exemple.

La génération des six signaux de sortie AH, AL, BH, BL, CH, CL est contrôlée par trois blocs principaux :

➤ L'unité de génération des signaux PWM (*Three phase PWM timing unit*)

Cette unité la génération de trois paires de signaux complémentaire avec intégration de temps d'antichèvement basé sur un signal PWM de référence triangulaire

➤ L'unité de control des signaux de sortie (*Output control unit*)

Cette unité permet l'activation/désactivation des six signaux de sortie de l'unité de génération des signaux PWM.

➤ L'unité de sécurité (*PWM shutdown controller unit*)

Cette unité gère les diverses entrées pour la désactivation hardware et software des sorties du générateur PWM. Un contrôle précis des exigences temporelles de l'unité de génération des signaux PWM est également intégré dans cette unité.

1-4-2-3- La mémoire RAM :

Le TMS320C31 DSP fournit deux modes différents d'opération : mode microprocesseur et mode micro computer.

Le mode microcomputer minimise les besoins matériels externes dans certaines applications, le mode microprocesseur est le plus approprié. Dans ce mode toutes les instructions sont exécutées dans une mémoire externe qui est souvent mise sous forme de **RAM** dans le développement des systèmes.

Le DS1102 utilise le mode processeur du TMS320C31 pour gagner un taux de 10 à 20 sur l'occupation de ce processeur par les programmes. Le programme utilisateur peut être téléchargé, surveillé, ou bien changé également quand le DSP est en exécution.

1-4-2-4- Interface série

C'est un protocole de communication, qui permet la communication avec d'autres systèmes informatiques pour recevoir les données introduites par l'utilisateur dans le but de configurer et de programmer le DSP.

1-4-2-5 -interfaces JTAG

Le TMS320C31 comporte un port d'émulation JTAG standard selon la norme IEEE 1149.1. Ce port d'émulation peut être utilisé pour le test du hardware, émulation des circuits internes et debugage du software.

La carte DS1102 contient un TBC (test bus Controller) JTAG permettant un accès direct au TMS320C31 pour d'éventuelle émulation sans avoir besoin d'addition du matériel d'émulation.

Un connecteur de 12-pins (P1) est inclus pour une connexion externe d'émulateurs comme le XDS500 de Texas Instruments.

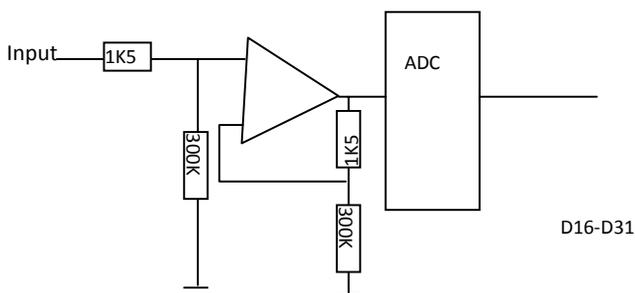
1-4-2-6- Encodeur incrémental

La carte DS1102 contient deux interfaces encodeur incrémental généralement utilisé dans le contrôle de position. Chaque interfaces contient une ligne de réception différentielle pour le signal d'entrée, un filtre numérique pour éliminer les effets transitoires dans les lignes de phases, un décodeur quadrature qui convertit les informations de phases en compteur d'impulsions, un compteur de 24-bits détermine la position courante de l'encodeur et des verrous de sortie sur 24-bits.

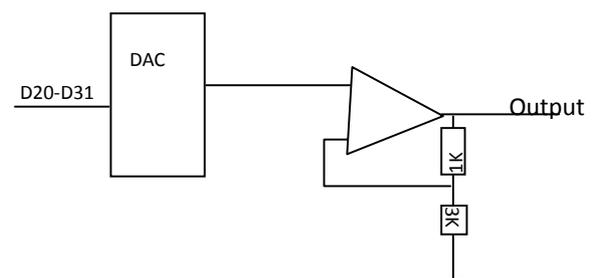
1-4-2-7 -Convertisseurs A/D et D/A [1]

La carte DS1102 comporte les entrées/sorties analogiques suivantes :

- 02 convertisseurs A/D de 16-bits sous 250KHZ, temps d'acquisition : 4 μ s.
- 02 convertisseurs A/D de 12-bits sous 800KHZ, temps d'acquisition : 1,25 μ s.
- 04 convertisseurs D/A de 12 bits avec une tension de sortie programmable.



Circuit de d'entrée ADC



Circuit de sortie DAC

1-4-2-8 -Interface interne

La carte de contrôle DS1102 interface l'ensemble interne par un bloc de quatre ports d'entrée/sortie de 16-bits et trois ports d'entrée/sortie de 8-bits. L'interface d'entrée/sortie est

utilisée pour faciliter l'installation de la carte, téléchargement de programmes et le transfert de données.

Le bus de test de commande d'installation et le transfert de données sont aussi exécutés via cette interface d'entrée/sortie.

Pour la synchronisation d'exécution du DSP est l'ensemble de programmes, un port d'interruption bidirectionnel est inclus pour permettre à l'ensemble d'interrompre le DSP est vis versa.

L'interface d'entrée/sortie entre la carte de contrôle DS1102 et le PC consiste en un bloc de sept ports d'entrée/sortie consécutive, en trouve aussi sur cette carte des Switchers utilisés pour la sélection d'adresse de base de ce bloc avec un rang d'adresse d'entrée/sortie de 64k du PC/AT.

L'interface interne contient des registres avec différente largeur (8 et 16 bits). Quand en fait un accès a un registre particulier, les instructions d'entrée/sortie lui correspondant doivent être utilisé, pour un accès à un registre de 8-bits une instruction d'entrée/sortie de 8-bits doit être utilisée et un registre de 16-bits à besoin aussi d'une instruction d'entrée/sortie de 16-bits pour son accès.

1-5- Installation et configuration de la carte DS1102 [1]

L'installation de la carte exige un ordinateur ayant les caractéristiques suivantes :

- Il doit être équipé d'un port ISA
- un processeur Pentium II (ou l'équivalent) de 450MHZ et une carte graphique.
- une RAM de 128Mo ou plus et 200Mo d'espace libre dans le disque dur.
- le système d'exploitation doit être Windows9x, WindowsNT4.0 ou Windows2000.
- installation de MATLAB5.3 où MATLAB6.0

L'utilisateur doit savoir certains détails de la carte :

La carte DS1102 est sensible aux décharges électrostatiques. Donc avant la manipulation de la carte, certaines précautions doivent être prises en charge à fin d'éviter toutes tension électrostatique.

Durant la manipulation, la carte doit être placée dans une boîte en plastique et le manipulateur ne doit pas toucher aux connecteurs de la carte, il ne faut pas connecter ou déconnecter n'importe quel matériel quand la carte est alimentée. Il faut mettre le PC hors tension avant l'insertion de la carte ou bien son enlèvement. Après la vérification du système on suit les étapes ci dessous :

- Installation des logiciels associés à la carte.
- Configuration de la carte.
- Insertion de la DS1102.

La DSPACE software est protégé par une licence mécanisme basé à la clé d'exécution (dongle) et au dossier de la licence. Connecter la clé (exécution Key (dongle)) avec le port parallèle de votre PC pour activer la licence.

1-5-1- Configuration de la carte de contrôle [1]

Un Switch mis en position ON représente un ZERO binaire et en position OFF représente un UN binaire.

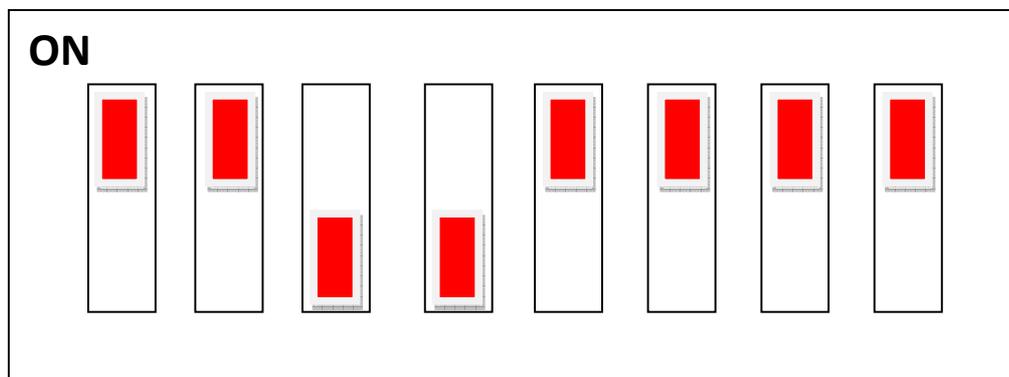


Figure (1.4) : Emplacement des Switch sur la carte.

Avant l'insertion de la carte, les ports de base d'adresse I/O doivent être configurés par l'intermédiaire des 8bits des Switch situé sur la carte.

Switch 1 et 2 déterminent lignes d'adresses A_{15} et A_{14} du port d'adresse d'I/O.

Switch 3 à 8 déterminent lignes d'adresses A_9 à A_4 .

Les lignes d'adresse A_{10} et A_{11} sont toujours pris comme des zéros binaire.

A_3 à A_0 sont utilisé pour la sélection des différents registres de DS1102, ces adresses sont sélectionnées pour éviter le conflit d'adresse avec d'autre PC/AT comme carte imprimier ou bien une interface série ...etc.

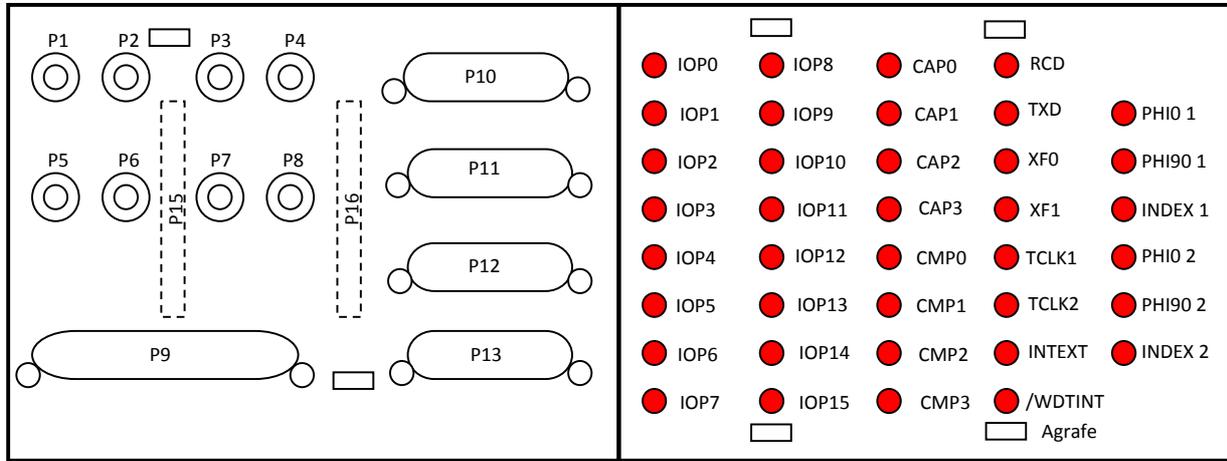
Le tableau suivant montre quelles sont les adresses sélectionnées (S_i), i étant le numéro du Switch et les adresses qui sont fixes par X [1].

A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4
S_1	S_2	X	X	0	0	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8

1-6- CP1102 ET CLP 1102

1-6-1 Description

Le CP1102 (connector panel) fourni une connexion facile entre la carte de contrôle à virgule flottante DS1102 et les autres dispositifs qui peuvent être connecté à cette carte. Ces dispositifs peuvent être connectés individuellement, déconnecté ou inter changer sans avoir recours a la soudure. Ce qui simplifie les teste. Le CLP1102 (led panel) fourni en plus des rangées de LED au nombre de 38 qui indiquent les états des signaux numérique. Chaque LED est allumé quand le signal respective est a niveau logique haut.



Emplacement des connecteurs

Section LED du CLP1102

Figure (1.5) : le CP1102 et CLP1102 [1].

Pour plus d'information sur CP1102 et le CLP1102 voir le data sheet en annexe A.

Pour la description des connecteurs d'entrée/sortie de la carte DS1102 voir partie annexe B.

1-7-logiciel et programmation

Généralement deux logiciels sont utilisés lorsqu'on travaille avec une carte Dspace, **MATLAB** et **control desk**.

MATLAB (Simulink) : c'est l'environnement de simulation qui permet de modéliser sous forme de schéma blocs, des systèmes linéaires ou non.

Un diagramme du bloc (Simulink) est convertit en code C à l'aide du module RTW qui permet à la carte Dspace de fonctionner en temps réel RTI.

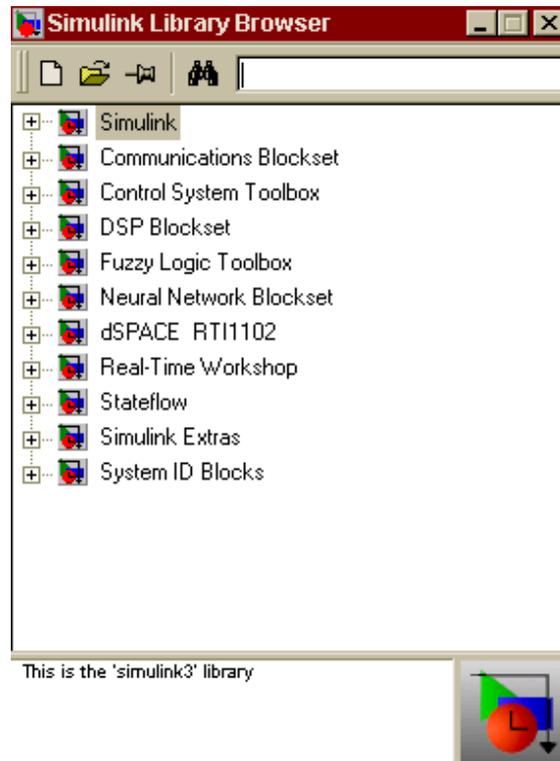


Figure (1.6) : La librairie de Simulink

Control desk : cette interface nous permet un contrôle et une commande plus efficace des systèmes en temps réel avec des cartes Dspace. Elle est accessible via le menu démarrer ou bien sur l'icône qui se trouve sur le bureau.

La fenêtre principale de control desk est donnée par la figure (1.7)

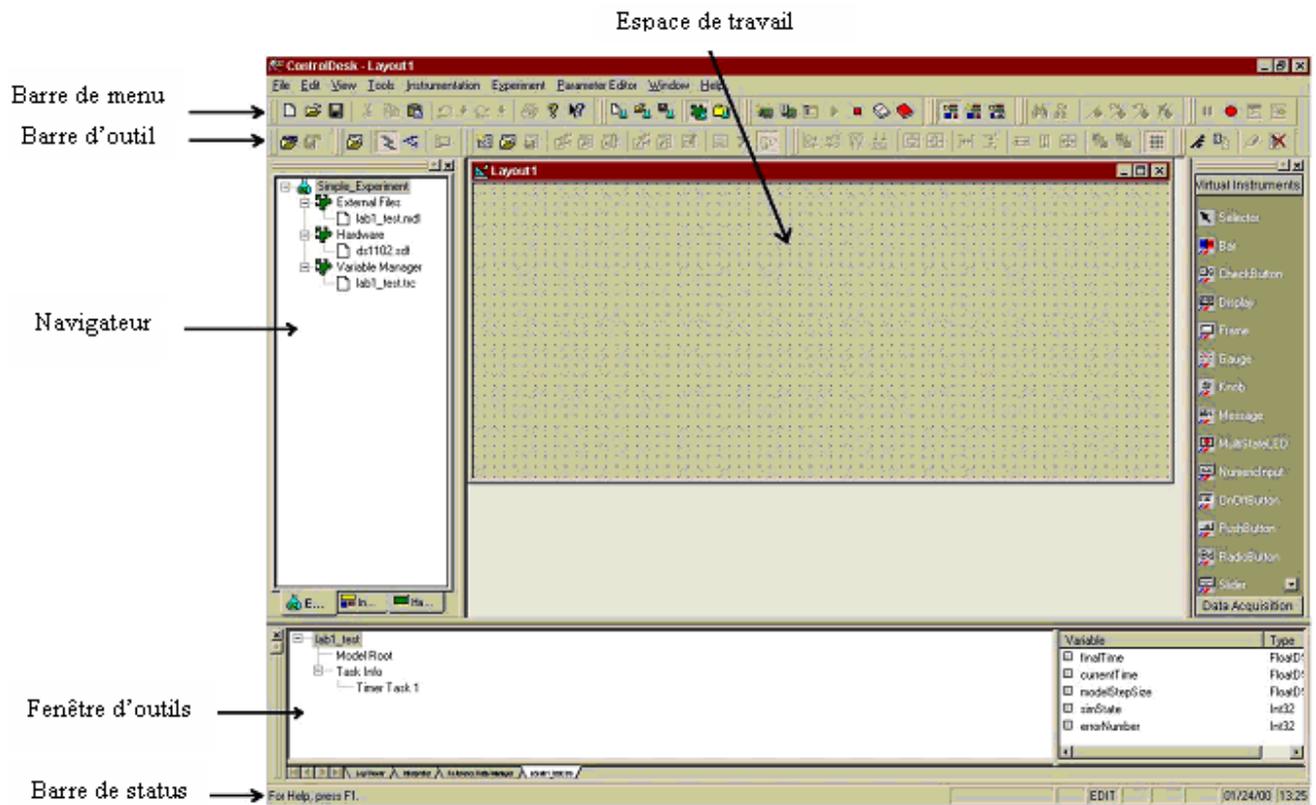


Figure (1.7) : L'interface control desk

Cette fenêtre contient les éléments suivants :

- Navigateur ; il fournit l'accès à une expérience en temps réel.
- Barre de menu ; fait l'accès aux fonctions et aux commandes utilisables.
- Barre d'outils ; fournit les chemins rapides.
- Région active ; c'est la région dans laquelle un instrument control desk est construit et utilisé.
- Barre statut ; affiche l'information au sujet d'état du système control desk.

1-7-1- Gestion de la Plateforme

La plateforme Manager fournit des fonctions pour gérer les plateformes installées dans le PC et les applications associées à ces dernières. Après l'installation de la carte Dspace dans le PC on doit procéder à certaines étapes de préparation avant d'atteindre des applications.

- On doit spécifier le mode de connexion correspondant à notre installation pour ce là on procède comme suit : **Platform – Change connection** une boîte de dialogue s’affiche. Voir figure (1.3).

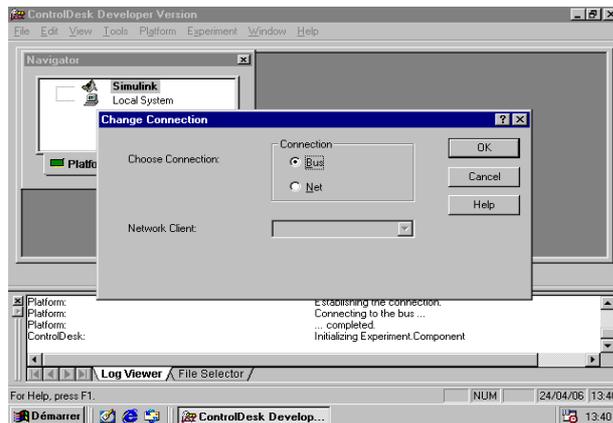


Figure (1.8) : Mode de connexion.

- On configure notre système à un seul processeur comme suit : **Platform – Inialization – Register**. Dans la boîte de dialogue qui s’affiche, on sélectionne le type de la carte a installée comme le montre la figure (1.4) :

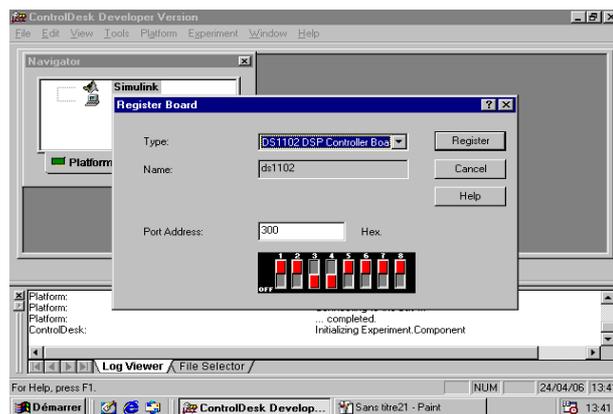


Figure (1.9) : Enregistrement de la plateforme.

Cette configuration sera faite une seule fois seulement dès que le système est installé. Pour la gestion des applications ; platform Manager de Control Desk nous permet de télécharger, lancer, arrêter ou bien télécharger de nouveau des applications dans la plateforme Dspace pour une exécution en temps réel. Pour le téléchargement et le lancement d'une application on doit utiliser le fichier SDF (Système Description File). Dans la fenêtre **File Selector**, on sélectionne le fichier SDF correspondant à l'application, on clic dessus avec le bouton gauche de la souris on maintenant le bouton appuyer, on glisse le fichier jusqu'à la platform Navigator après on relâche le bouton comme l'illustre la Figure (1-11). De ce fait l'application sera téléchargée et lancée en temps réel. On peut procéder autrement on choisissant dans la barre de menu : « **Platform – application – Load application** ».

Pour arrêter l'exécution d'une application en temps réel, dans la barre de menu :

- **Platform – Stop real-time processor.**

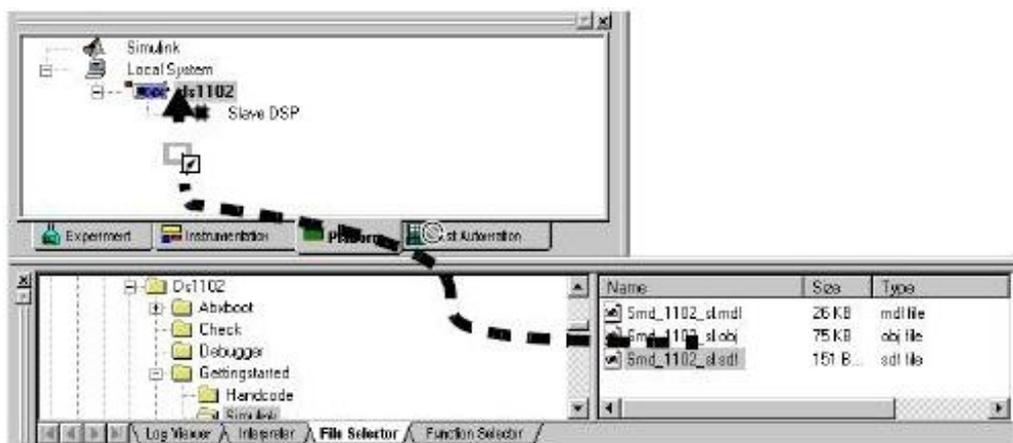


Figure (1.10) : Téléchargement d'une application

1-7-2- Capture de données

La capture de données est une tâche très importante quand on travail avec une application ou bien une simulation Simulink. La caractéristique de Control Desk dans la capture de données nous permet de sauvegarder toutes les données et manipuler tout les signaux d'une application sur l'écran on utilisant les instruments de la bibliothèque Data Acquisition se trouvant dans la fenêtre instrument selector (sélecteur d'instrument).

La capture de données nécessite la présence de beaucoup de paramètres additionnels tel que les intervalles de capture, les conditions de déclenchement, le mode d'acquisition pour faciliter cette tâche Control Desk nous offre deux méthodes pour le contrôle de ces paramètres : La fenêtre **capture settings** et L'instrument **capture settings**.

La fenêtre **capture settings** est utilisée pour le contrôle des données capturées dans ControlDesk, elle contient une ou plusieurs pages : instrument de capture settings.



Figure (1.11): Fenêtre capture settings.

1-7-3- Manipulation des paramètres

Quand le model est conçu, on le simulant, ce dernier génère des signaux dont leurs valeurs changes à chaque instant, par contre les valeurs des paramètres restent constantes tant qu'on ne les change pas pour un nouveau point de travail.

Le fichier de description de variables contient les références des différentes variables (Signaux ou bien Paramètres) relatifs à une application. Il est ordonné selon une hiérarchie relative à la structure du model sous Simulink ; ou chaque sous-système et chaque bloc forme un groupe dans le fichier de description de variables.

1-7-4- Système temps réel

Un système est dit temps réel ; lorsque l'information après acquisition et traitement reste pertinente ; les temps d'acquisition et de traitement doivent rester inférieurs à la période de rafraîchissement de cette information.

Les systèmes temps réel sont ceux dont l'exactitude du système dépend non seulement du résultat logique des calculs mais aussi du temps dont le résultat se produit. Typiquement, un système temps réel consiste en un système de contrôle et un système à contrôlé (commandé). un ordinateur basé sur un système de contrôle agissant sur le monde extérieur en temps réel est basé sur les informations reçues par l'ordinateur qui doivent être compatibles avec l'état actuel de l'environnement, si non les actions du système de contrôle peuvent être désastreuses. Dans plusieurs systèmes temps réel, des résultats désastreux se produisent si la synchronisation et l'exactitude des résultats logiques du système ne sont pas satisfaites. Les conditions d'exactitude de la synchronisation résultent dans le rôle du système comme étant un contrôleur.

1-7-5- Interface temps réel (RTI) de la carte DS1102

RTI commande toutes sortes de systèmes à temps continu, à temps discret, hybrides et multi échantillonnés. D'après le matériel E/S connecté, il est possible d'utiliser les différents canaux d'une même carte E/S avec des fréquences d'échantillonnage différentes et même dans des sous-systèmes différents. RTI supporte les événements asynchrones et nous permet de fixer des priorités au niveau des tâches et des stratégies de surcharge de tâches pour l'exécution des sous-systèmes démarrés en cas d'interruption. Elle supporte également les tâches déclenchées sur séquences temporelles et les indicateurs temporels qui nous permettent d'implémenter des tâches et des groupes de tâches avec des délais variables ou prédéfinis, en relation avec un événement déclencheur associé. La manipulation des tâches au sein de notre modèle devient ainsi très flexible.

1-7-6- Rtilib1102 :

Après l'introduction de la commande « **rtilib** » dans Matlab commande, la librairie RTI de la carte DS1102 DSP est affichée.

Les composants suivant sont disponibles dans la fenêtre **rtilib1102** :

- **Simulink** fait apparaître la librairie Simulink dont tous les blocs relatifs à Simulink peuvent être accédés.
- **Blocksets** incluant les options du bloc RTI de DS1102.
- **Help** pour afficher l'aide.
- **Tasklib** nous offre les blocs RTI pour manipulation de nos tâches.
- **Extras** nous offre les blocs RTI pour différentes raisons, acquisition de données un service de code utiliser par control Desk.
- **Demos** nous donne des exemples de models.
- **DS1102** est une librairie comportant les blocs RTI pour les unités E/S pour DS1102.
- « **Read me** » affiche les informations récentes et les notes importantes.

1-8- Mode opératoire de fonctionnement de la carte Dspace

Pour réaliser une opération de contrôle d'un système ou d'acquisition des données avec une carte Dspace et MATLAB les étapes suivantes doivent être respectées :

1-8-1- Création d'un schéma bloc avec SIMULINK

Le système peut être modélisé sous forme d'un schéma bloc en utilisant la librairie Simulink qui contient un bloc de Dspace. La librairie de DSPACE inclue des blocs qui fournissent une représentation graphique des connexions physiques de la carte Dspace.

1-8-2- Téléchargement du model (schéma bloc) dans la carte Dspace

Lorsque le model est construit avec Simulink, il doit être téléchargé dans la carte. Cette étape est réalisée en utilisant REAL TIME WORK SHOP.

1-8-3- Création d'un espace du travail avec control desk

Après le téléchargement du model dans la carte, un espace du travail doit être réalisé dans le control desk pour contrôler le système. Cette interface est utilisée pour débiter et arrêter le processus, changer et afficher les paramètres du système en temps réel.

1-9-Exemple d'acquisition et d'affichage des données avec une carte DS1102

1-9-1- La modélisation du système

On ouvre Simulink et on construit le model comme le montre la figure

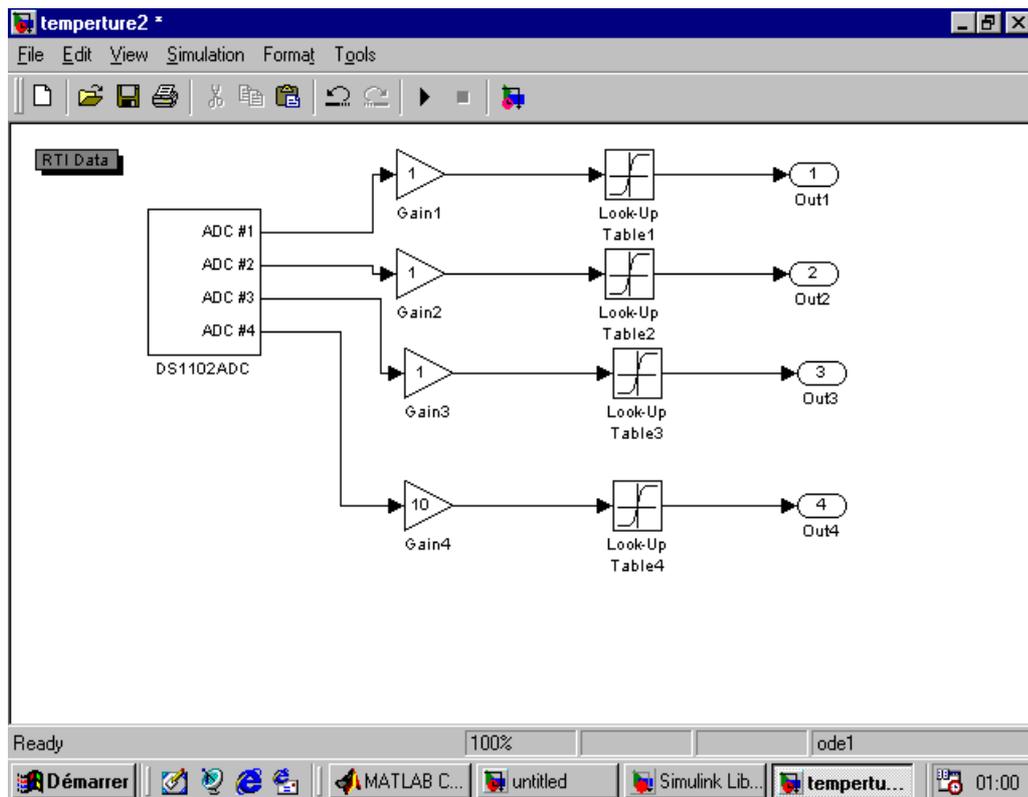


Figure (1.12) : Modélisation du système sous Simulink

1-9-2-Le téléchargement du model

En première étape on lance control desk puis on revient vers le model Simulink (control desk doit être lancé pour permettre le téléchargement). Après on suit les étapes suivantes:

SIMULATION → PROPRIETE → SOLVER (ajuster les paramètres)
→ REAL TIME WORKSHOP → BUILD (téléchargement du model).

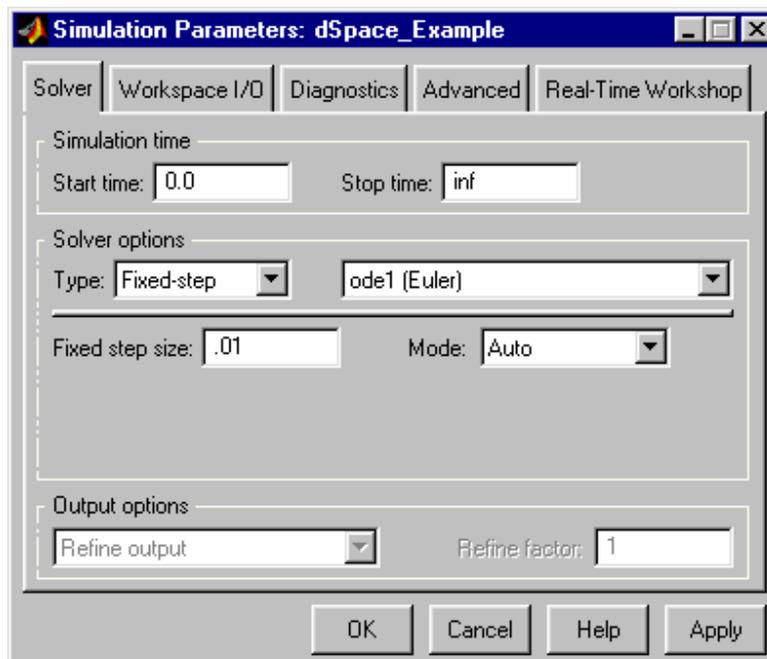


Figure (1.13) : Ajustement des paramètres et téléchargement du model

1- 9-3- La construction d'un espace du travail

- On revient dans l'interface **control desk**
- On ouvre un **NEW LAYOUT**
- On télécharge l'application
- Dans la liste **DATA AQCQUISITION** on sélectionne **PLOTTER**.

Dans la liste **VIRTUEL INSTRUMENTS** on sélectionne **DISPLAY**.

- On ouvre la liste des variables
- On ouvre le **NAVIGATOR**
- On glisse une variable dans **PLOTTER** et **DISPLAY**

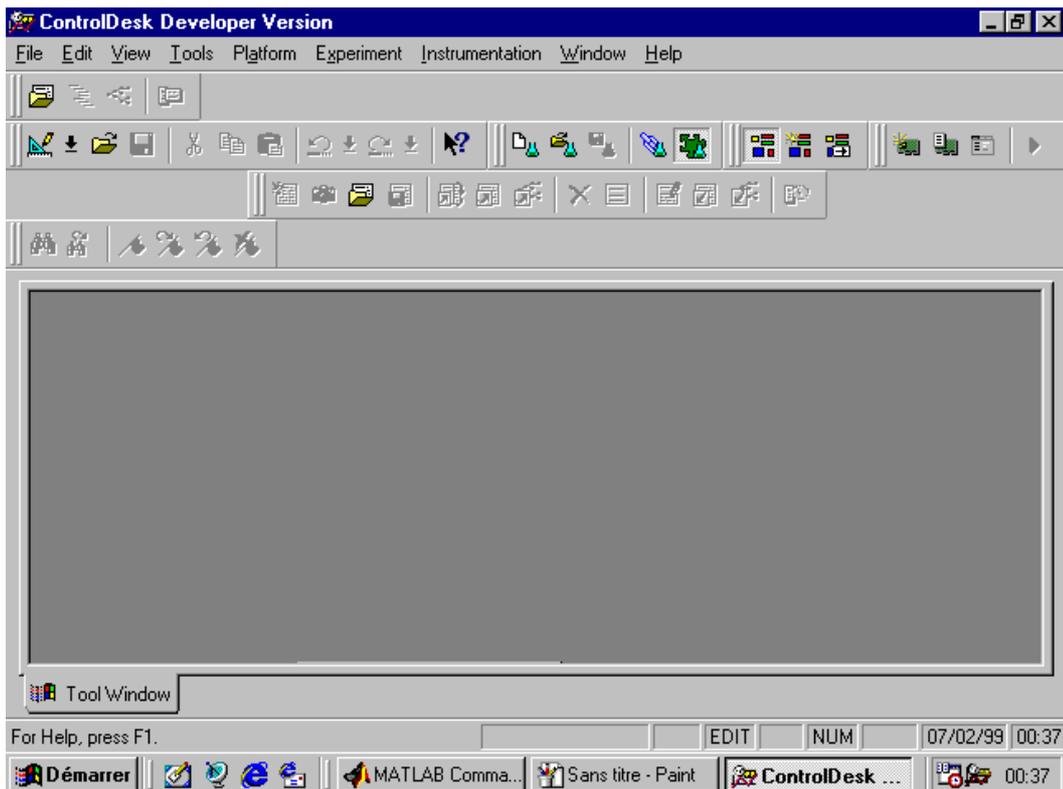


Figure (1.14) : L'interface de control desk

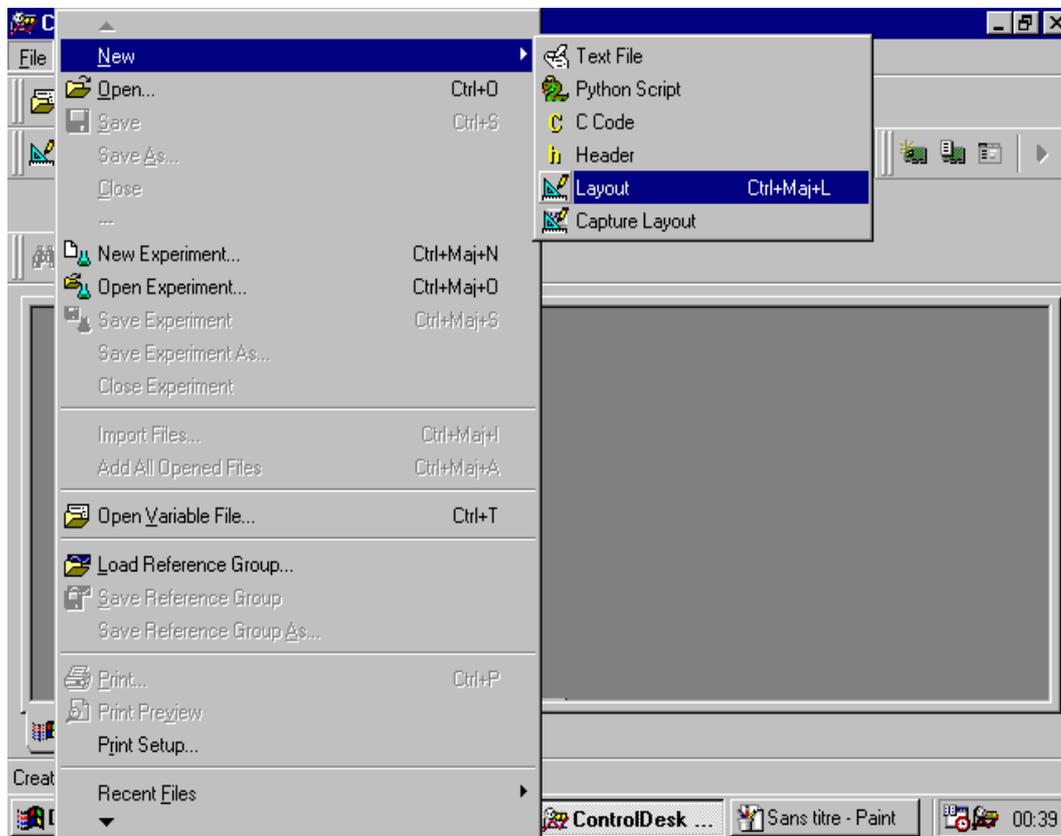


Figure (1.15) : Ouverture d'un Nouveau « Layout »

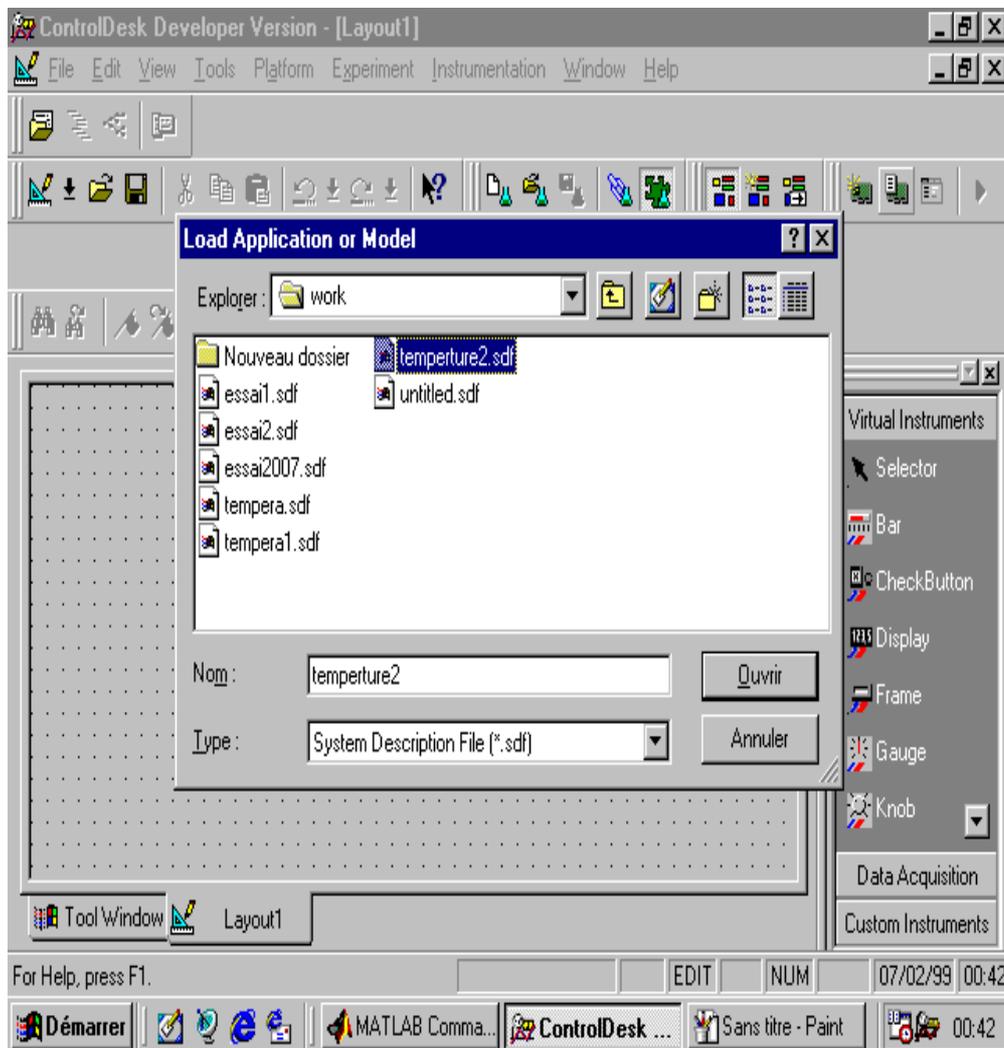


Figure (1.16) : Le téléchargement d'application.

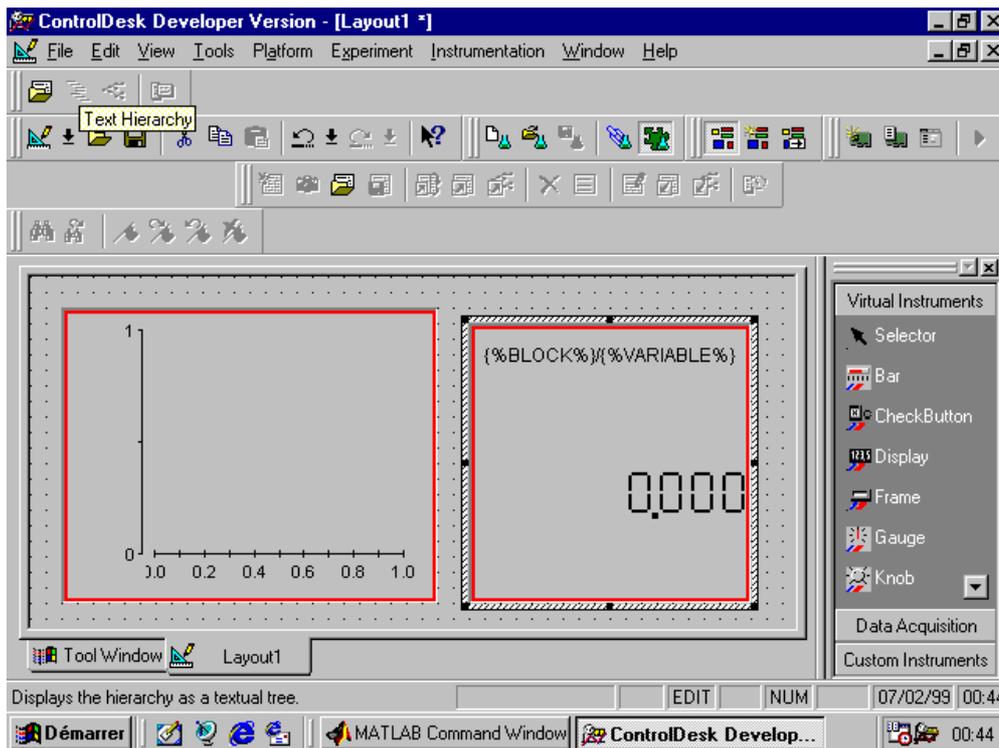


Figure (1.17) : La sélection du type d'affichage.

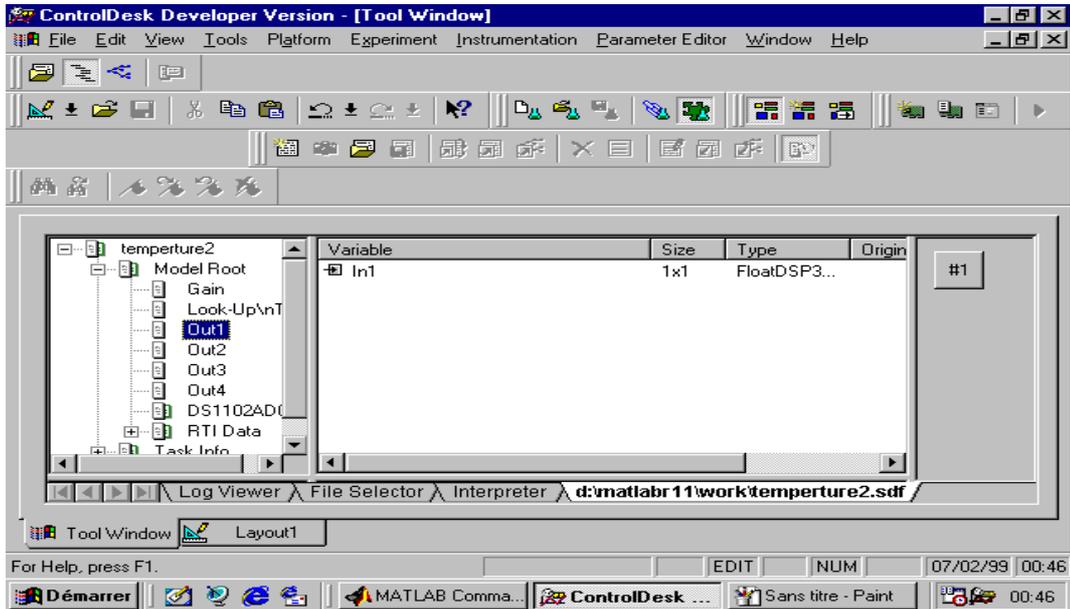


Figure (1.18) : L'ouverture de la liste des variables

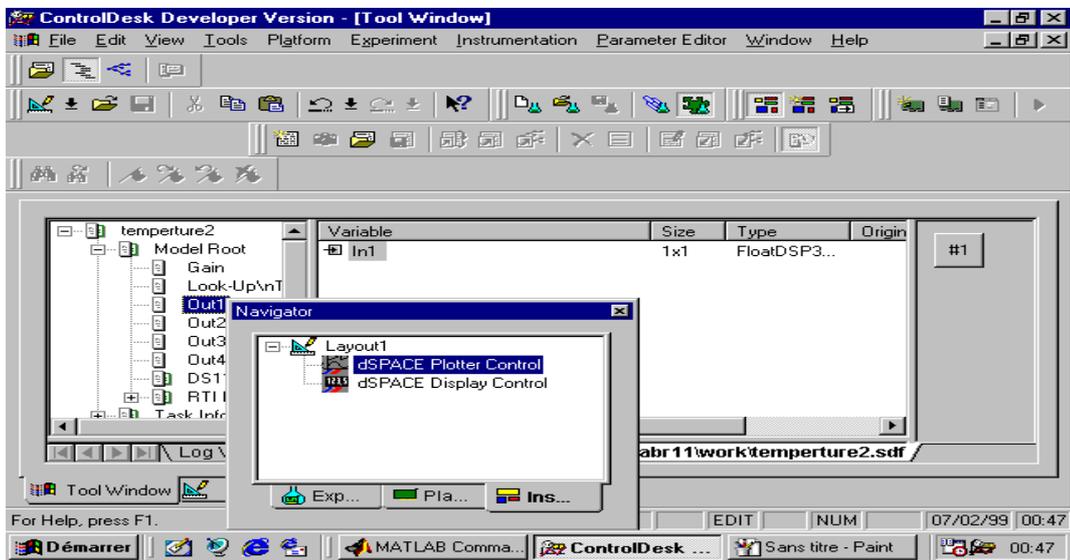


Figure (1.19) : L'ouverture du navigateur

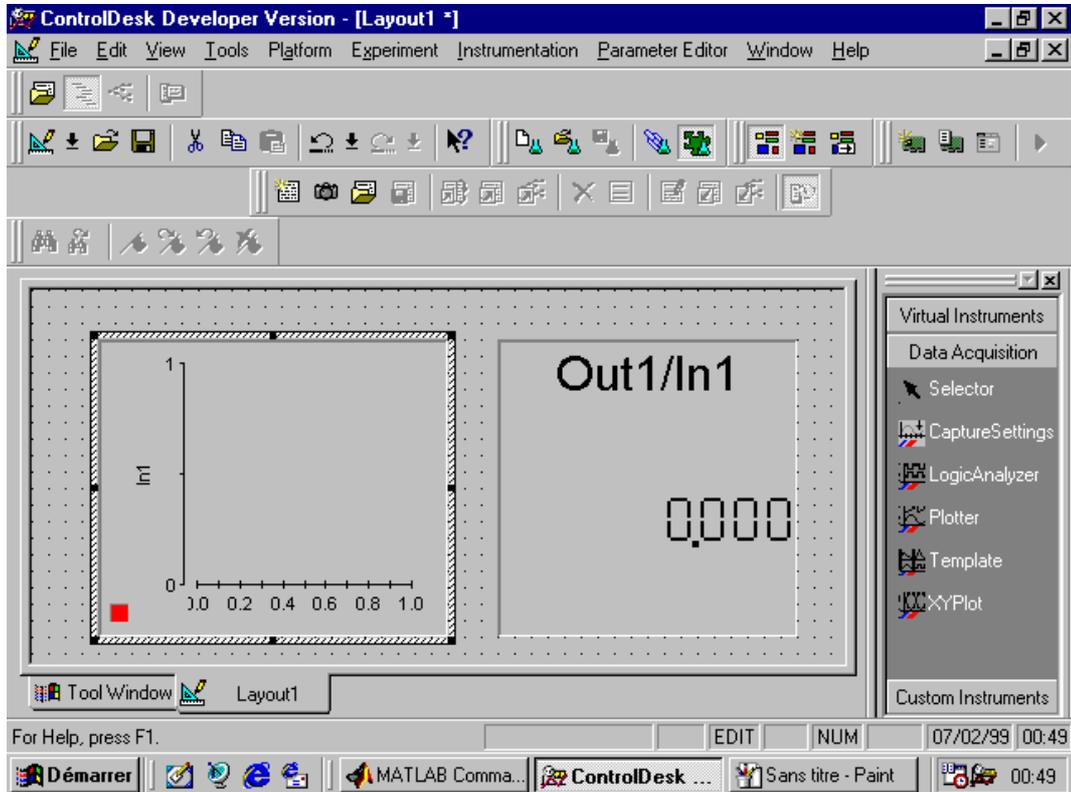


Figure (1.20) : La sélection des variables à afficher.

1-9-4-Le lancement de l'opération

Dans le **MENU BAR** on sélectionne **ANIMATION MODE** et on obtient un affichage numérique et graphique de la variable sélectionnée.

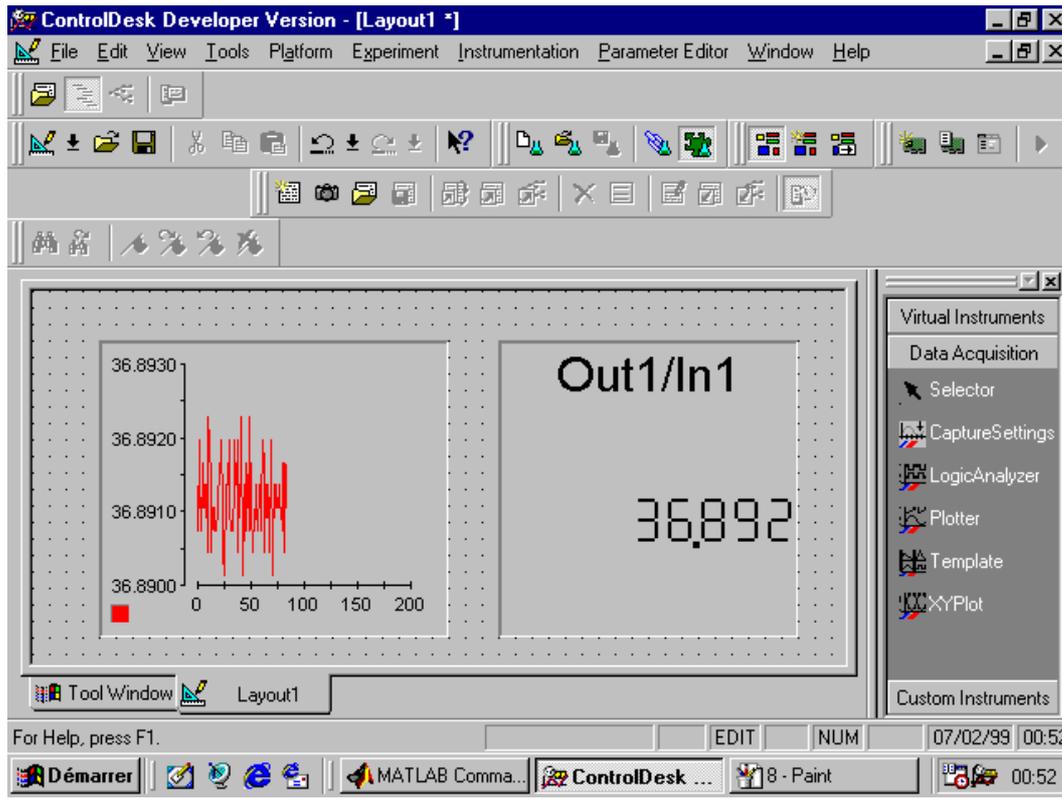


Figure (1.21) : Le lancement d'opération d'affichage

1-10-Les étapes de développement d'un système temps réel

Ce système temps réel est développé en utilisant l'environnement temps réel de dSPACE, qui est basée en une carte d'entrée/sortie dSPACE permettant au processeur une interaction directe avec le plan pendant une simulation temps réel.

Les outils de l'interface temps réel (RTI) connectent (Simulink et réel time workshop (RTW)) avec le système temps réel de dSPACE pour former un environnement adéquat des applications temps réel.

RTI s'exécute à travers plusieurs étapes nécessaires pour prépare une application pour un test temps réel. La dernière étape télécharge l'application dans le processeur dSPACE. La RTW est utilisé pour convertir les modèles Simulink en code C temps réel et elle construit automatiquement des programmes qui peuvent être exécutés à partir de l'environnement du système temps réel.

La RTW inclus des outils appelé Target langage Compiler qui travaille pour transformer en une forme intermédiaire un modèle Simulink (extension « rtw »). Les targets files (extension « tlc ») sont écrits en code C. Ensuite le programme sera téléchargé dans la cible temps réel.

Quand on travaille en temps réel, la DS1102 nous permet le transfert de variables entre le contrôleur et le système, il est contrôlé via les convertisseurs A/N et N/A.

La RTI génère des fichiers et des paramètres qui offrent un accès facile au software.

Software (Virtual instrument panel) donne un haut degré de contrôle à travers les expériences temps réel. Il permet aux utilisateurs d'afficher et de modifier toutes les variables ce trouvant dans le processeur ou bien dans la mémoire de la carte. Voir figure (1.22).

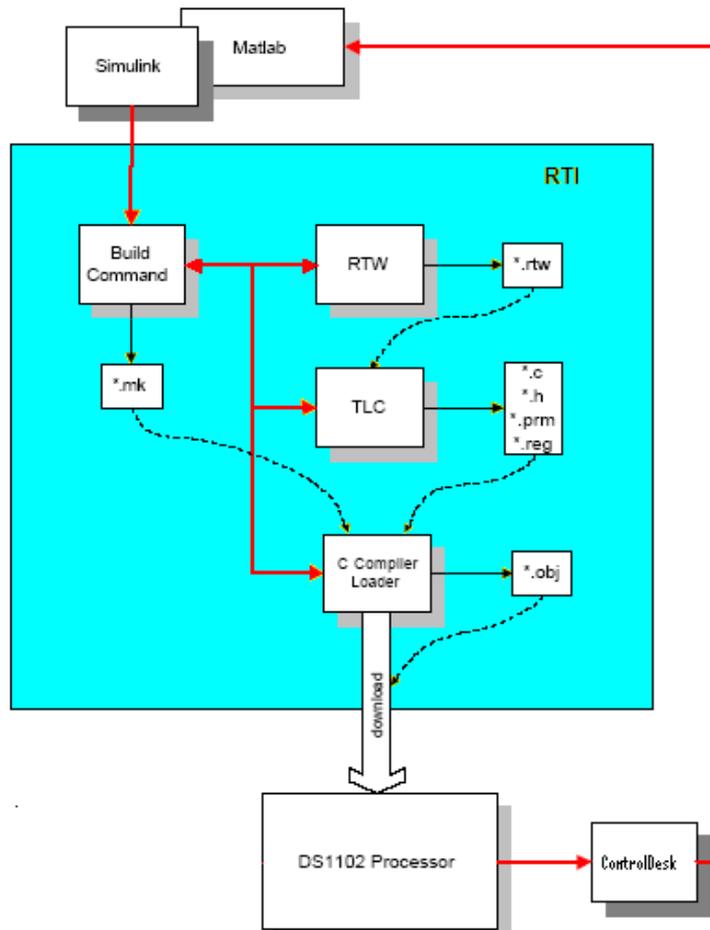


Figure (1.22) : Développement d'un système temps réel

1-11-Principe de fonctionnement de la carte Dspace DS1102

La carte DS1102 est capable de convertir un fichier modèle réalisé avec « Simulink » (.mdl) en fichier exécutable par la carte. Une fois converti, le code est transi dans la mémoire et le programme est exécuté par le processeur de DS1102.

Le signal reçu au port d'entrée de la carte, est numérisé (échantillonné puis quantifié) est en suite stocké dans les registres de la RAM. Le processeur appliquee alors sur les données en mémoire le programme qui a été compilé (correcteur PID).

Les valeurs obtenues constituent le signal correcteur. Elles permettent au CNA de construire un signal analogique en interpolant ces valeurs.

La fréquence F_s , avec laquelle le signal d'entrée est échantillonné et le signal de sortie est construit, est choisi dans les paramètres de « Simulink ». Elle est en plus limitée par sa puissance du processeur. En effet plus la quantité de calcul à effectuer est importante, plus le temps mis par le processeur pour calculer la valeur d'un échantillon sera grand ; si cette durée de calcul devient supérieure au pas temporel imposé par le programme, alors le processeur va prendre du retard dans la construction du signal. On ne pourra donc pas réaliser de test en temps réel dans ce cas. Il faudra alors imposer une fréquence d'échantillonnage plus faible.

1-12-Conclusion

La carte Dspace a beaucoup évolué dans le sens de la fiabilité et de robustesse et dans ce chapitre nous avons présenté l'étude et le principe de fonctionnement de la carte de contrôle Dspace DS1102, et la commande des systèmes en temps réel.

2-1- Introduction

L'utilisation des onduleurs a connue une évolution importante grâce au développement technologique dans le domaine des semi conducteurs de puissance qui augmente la fréquence de fonctionnement pour ses interrupteurs entraînant un vaste champ d'application des convertisseurs statiques.

2-2- Interrupteur de puissance

L'utilisation progressive des convertisseurs statiques d'énergie électrique dans les diverses structures est due principalement à l'élément le plus important dans ses structures, a savoir l'interrupteur.

Il existe trois types de d'interrupteurs de puissance :

- Interrupteurs non commandées ni à l'ouverture ni à la fermeture (diode).
- Interrupteurs commandables à la fermeture, mais non commandables à l'ouverture (Thyristors).
- Interrupteur commandables à l'ouverture et à la fermeture (transistors).

2-3-Le driver

Le driver représente le circuit qui doit piloter tout type de transistors de puissance dans tous types de convertisseurs statiques (onduleurs, redresseurs, hacheur,). Ce pilotage consiste à provoquer et à contrôler les passages de l'état bloqué à l'état saturé du transistor. Donc, le driver doit assurer plusieurs fonctions :

2-3-1- Pilotage

Le driver à pour rôle de piloter un transistor donc, de le faire basculer de l'état passant à l'état bloqué, de l'état bloqué à l'état passant en fonction des ordres reçus de la commande globale.

2-3-2-Sécurité

Le driver doit assurer la sécurité rapprochée du transistor améliorant ainsi sa survie en cas de défaut. En cas de sur- intensité dans le composant de puissance par exemple, le driver doit couper le transistor et envoyer une information d'erreur à la commande globale. Il doit aussi intervenir pour les autres cas de défaut.

2-3-3-Isolation galvanique

Les transistors sont pilotés à des potentiels assez conséquent allant de 0v à 1500v se qui représente un danger pour le primaire du driver(la partie connecté au circuit de commande) qui est à des potentiels beaucoup moins élevé que celui du secondaire (la partie connecté au circuit de puissance) d'où la nécessité d'une isolation galvanique séparant les deux partie électriquement.

2-4- Récapitulatif

Le choix d'un composant sera en générale dicté par le mode de commande souhaité, la tension de blocage nécessaire, la fréquence de commutation désirée et dans une moindre proportion du courant à conduire il peut y avoir d'autre critère de choix, tel la vitesse et la robustesse. Le tableau suivant donne les caractéristiques des interrupteurs de puissance.

Composant	Com- mande	Blocage	Pertes en conduction	Pertes en commuta- tion	f_p maxi- mal
Diode	non	>10kV	faibles	nulles	élevée
Thyristor	on	>10kV	faibles	élevées	<1kHz
Bipolaire	on/off	1.2kV	faibles	élevées	10kHz
MOSFET	on/off	600V	élevées	faibles	250kHz
IGBT	on/off	4.5kV	moyennes	moyennes	50kHz
GTO	on/off	>10kV	faibles	élevées	<1kHz

Tableau (2.1): *tableau des caractéristiques des interrupteurs de puissance.*

2-5- Les onduleurs

Les onduleurs sont des dispositifs d'électronique de puissance, permettant de délivrer des tensions et des courants alternatifs, des valeurs efficaces et des fréquences variables à partir d'une source d'énergie continue,

Il existe deux catégories d'onduleurs : les onduleurs autonomes et les onduleurs non autonomes :

- **Onduleur assisté (non autonome)** : Consiste à transformer une tension ou un courant continu en son équivalent alternatif avec une assistance de commutation par la source, c'est à dire il ne peut fonctionner seul il doit être relié au réseau électrique (redresseurs avec un retard à l'amorçage supérieur à $(\pi/2)$).
- **Onduleur autonome** : Il délivre une tension de fréquence soit fixe soit ajustable par un circuit de commande. Il n'a pas besoin de réseau électrique pour fonctionner.

2-6- Différents types d'onduleurs

Un onduleur dépend essentiellement de la nature de la source et du récepteur entre lesquels il est inséré. C'est pour cela qu'on distingue deux grandes familles d'onduleurs : Les onduleurs de tension et les onduleurs de courant.

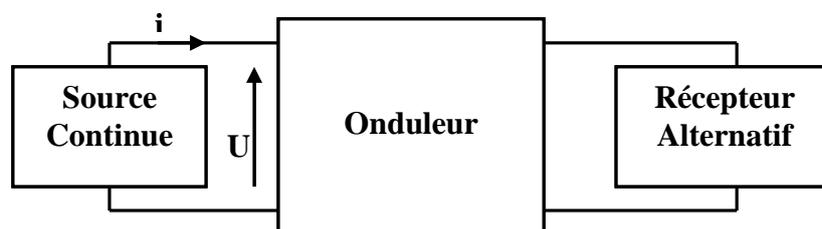


Figure (2.1) : Schéma bloc d'un onduleur

2-6-1- Les onduleurs de tension

On appelle onduleur de tension un onduleur qui est alimenté par une source de tension continue (U), c'est-à-dire par une source d'impédance interne négligeable, sa tension n'est pas affectée par les variations du courant (i) appelé par la charge. La source continue impose la tension à l'entrée de l'onduleur et donc à sa sortie.

2-6-2- Les onduleurs de courant

Un onduleur de courant est alimenté par une source de courant continu, qui a une inductance interne dite infinie pour que le courant (I) qui le traverse ne peut être affecté par les variations de la tension (u) imposé à ces bornes par la charge. La source continue impose le courant à l'entrée de convertisseur, donc à sa sortie.

2-7- Principe de fonctionnement

Les onduleurs sont généralement monophasés ou triphasés, pour comprendre leurs principes de fonctionnement, on utilise une source continue et quatre interrupteurs (K_1, K_1', K_2, K_2') et une charge alternative, l'ensemble est représentés sur la figure (2.2).

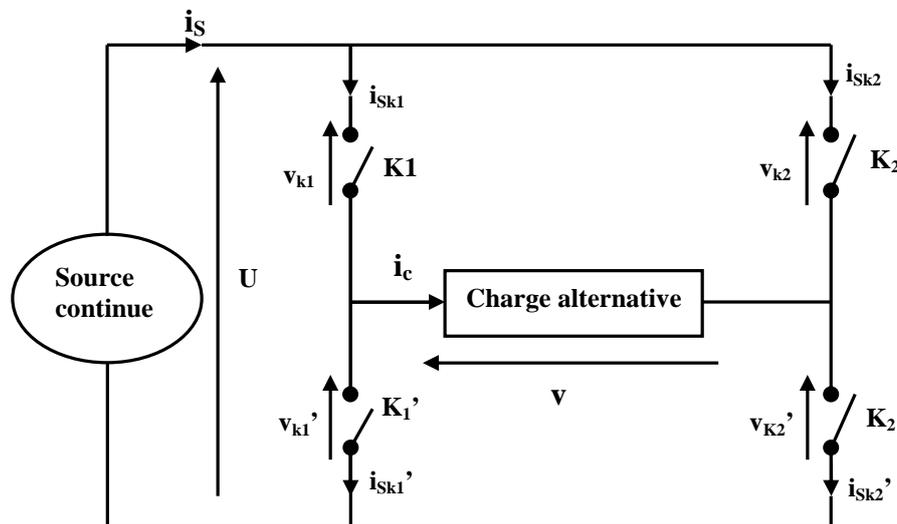


Figure (2.2): schéma fonctionnel d'un onduleur monophasé

On suppose que la source et les interrupteurs sont parfaits (chute de tension nul, commutation instantanée). Si le récepteur est une charge purement résistive.

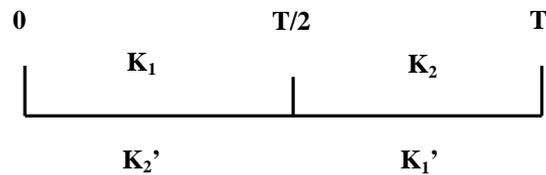
- Le courant dans la charge :

$$i_C = i_{Sk_1} - i_{Sk_1}' \quad (2.1)$$

- La tension aux bornes de la charge :

$$v = U - v_{K_1} - v_{K_2}' \quad (2.2)$$

On applique des séquences de commande des interrupteurs comme le montre le schéma suivant :



Avec :

T : c'est la période de fonctionnement de l'onduleur.

- Dans l'intervalle $[0, T/2]$ K_1, K_2' fermes et K_2, K_1' ouverts :

Tensions et courants dans la charge et les interrupteurs :

$$i_{Sk_1} = i_{Sk_2}' = i_C, v_{K_1} = v_{K_2}' = 0 \quad (2.3)$$

$$i_{Sk_2} = i_{Sk_1}' = 0, v_{K_2} = v_{K_1}' = U \quad (2.4)$$

$$(2.1) \implies i_C = i_S$$

$$(2.2) \implies v = U$$

- Dans l'intervalle $[(T/2), T]$ K_1' , K_2 fermés et K_1 , K_2' ouverts

Tensions et courants dans la charge et les interrupteurs :

$$i_{SK1}=i_{SK2}'=0, v_{K1}=v_{K2}'=U \quad (2.5)$$

$$i_{SK2}=i_{SK1}'=i_C, v_{K2}=v_{K1}'=0 \quad (2.6)$$

$$(2.1) \implies i_C = -i_S$$

$$(2.2) \implies v = -U$$

On représente sur la figure (2.3), la tension et le courant de sortie :

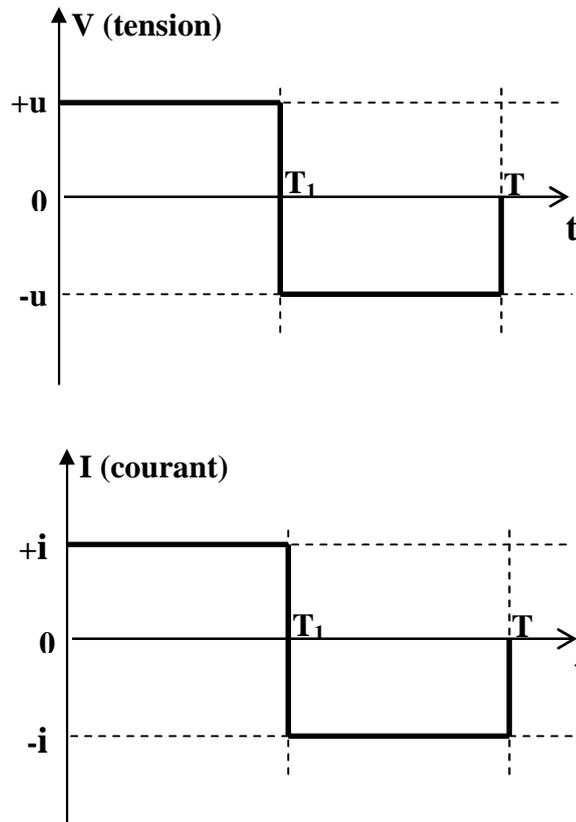


Figure (2.3) : tension et courant à la sortie de l'onduleur (cas d'une charge résistive)

2-8-Cellule de commutation

Les branches de l'onduleur sont équipées de semi-conducteurs de puissance, chaque branche est constituée de deux éléments de commutation et de deux diodes en antiparallèle, l'ensemble est appelé cellule de commutation.

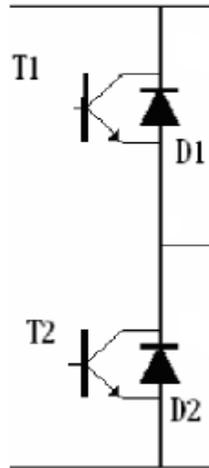


Figure (2.4) : Cellule de commutation.

Les diodes en antiparallèles, ne sont pas des éléments de protection. Elles servent à assurer la continuité du courant de la charge en général inductive.

2-9- Structure

2-9-1- L'onduleur monophasé

En considérant le principe précédant, on peut réaliser un onduleur monophasé en remplacent les interrupteurs k_1 , k_1' , k_2 , et k_2' par des semi-conducteurs commandés à l'ouverture et à la fermeture, avec un circuit de commande qui impose les séquences de contrôle (figure (2.5))

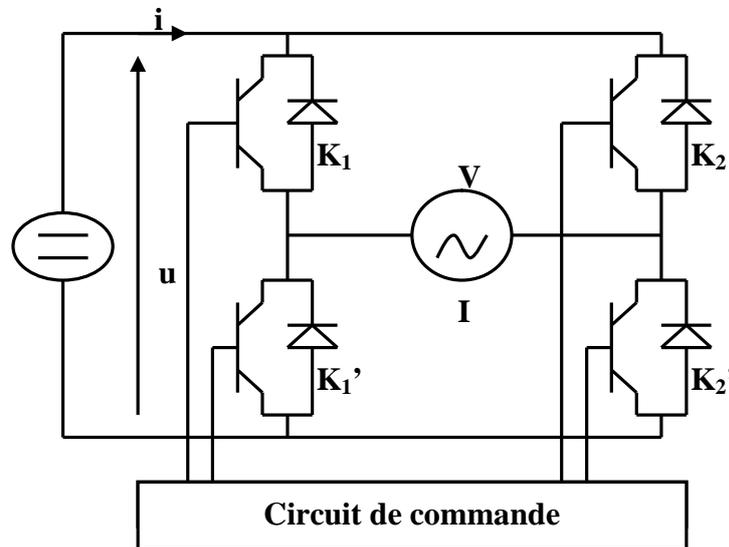


Figure (2.5) : Onduleur de tension monophasé en pont

Il existe trois types d'onduleurs monophasés :

- l'onduleur avec transformateur de sortie à point milieu (souvent appelé onduleur push-pull).
- L'onduleur avec diviseur capacitif à l'entrée (souvent appelé onduleur en demi pont).
- L'onduleur en pont (ou en pont complet aussi appelé structure en H).

Les deux premiers ne nécessitent que deux « interrupteurs » mais il faut un point milieu, soit du côté de la sortie alternative, soit du côté de l'entrée continue.

L'onduleur en pont nécessite quatre « interrupteurs » comme montre la figure précédente.

2-9-2- L'onduleur triphasé

On peut réaliser un onduleur triphasé en groupant trois cellules universel. Il suffit de décaler d'un tiers de période les commandes des trois phases, (figure (2.6)).

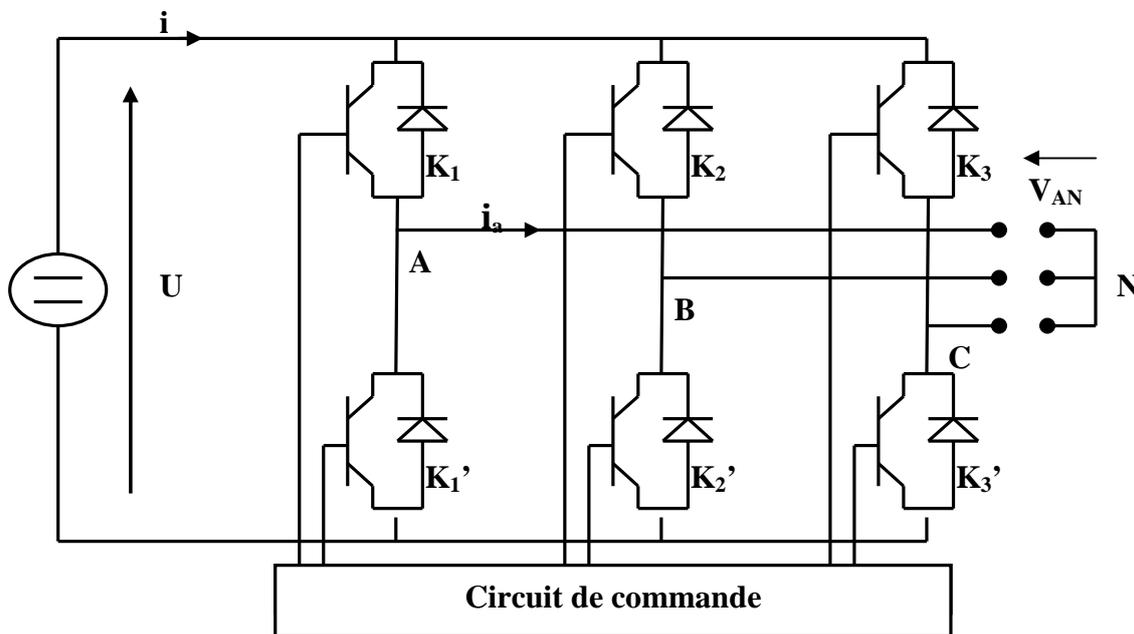


Figure (2.6) : Onduleur de tension triphasé

Si la charge est équilibrée, la somme instantanée des courants est nulle

- Le but est de connaître les tensions simples V_{an} , V_{bn} , V_{cn} pour ensuite avoir (i_a, i_b, i_c) .
- La commande est complémentaire, soit (C_1, C_2, C_3) , les commandes des interrupteurs associée respectivement à (K_1, K_2, K_3) donc $(\bar{C}_1, \bar{C}_2, \bar{C}_3)$ les commandes des interrupteurs associée respectivement à (K'_1, K'_2, K'_3) .

2-10- Différents types de commande des onduleurs

Il existe plusieurs types de commandes, leur but est d'améliorer les formes des grandeurs de sortie des onduleurs tel que la tension et le courant, c'est-à-dire de les rendre le plus sinusoïdales possible.

Parmi ces types de commandes on cite :

- la commande pleine onde.
- la commande MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion).

2-10-1- Commande en pleine onde

Dans la commande en pleine onde, on ferme les interrupteurs d'une même branche de façon complémentaire pendant une demi période et en décalant la commande de chaque bras d'un tiers de la période ($2/3$). Par conséquent on obtient trois ondes carrées de tension décalées respectivement de $2/3$, dont l'amplitude est égale à la tension continue.

Cette commande a un inconvénient, elle génère un signal très riche en harmoniques de tension et de courant ; ceci gêne le transfert de l'énergie de la source à la charge, et ne permet pas aussi d'optimiser le fonctionnement des interrupteurs.

La figure ci-dessous représente la durée de commande à la fermeture de chaque transistor des trois bras :

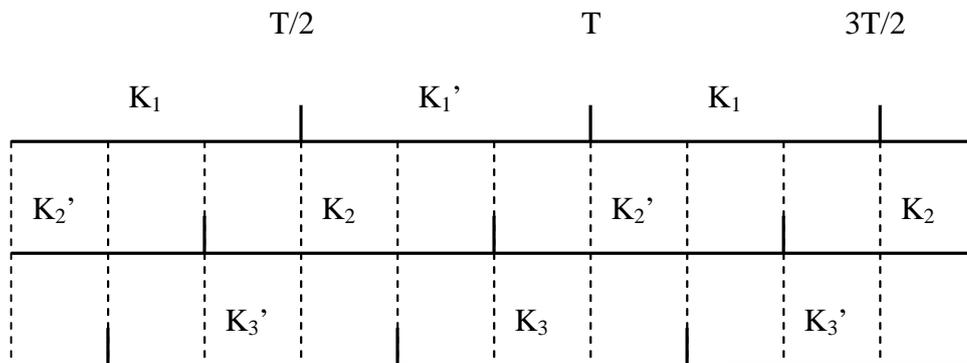


Figure (2.7) : Durée de conduction des interrupteurs.

2-10-2- La commande MLI

La modulation de largeur d'impulsion (MLI), consiste à adapter une fréquence de commutation (f^*) supérieure à la fréquence des grandeurs de sortie (f) et à former chaque alternance de la tension de sortie d'une succession des créneaux de largeur convenable.

La multiplication du nombre des impulsions formant chacune des alternances de la tension de sortie présente deux avantages importants :

- Elle repousse vers des fréquences plus élevées les harmoniques de la tension de sortie, ce qui facilite le filtrage.
- Elle permet de faire varier la valeur de la fondamentale de la tension de sortie et sa fréquence.

Si la référence est sinusoïdale, cette commande est caractérisée par deux paramètres qui sont :

- L'indice de modulation « m », égale au rapport f'/f .
- Le coefficient de réglage en tension « r », égale au rapport de l'amplitude de la tension de référence sur la valeur crête de l'onde modulante.

Plusieurs types de MLI se présentent pratiquement, on peut citer :

- Les modulations *sinus-triangle* effectuant la comparaison d'un signal de référence sinusoïdal à une porteuse généralement triangulaire.
- Les modulations *précalculées* pour lesquelles les angles de commutation sont calculés hors ligne pour annuler certaines composantes du spectre de la tension, et donner une certaine onde fondamentale.
- Les modulations *postcalculées* appelées encore MLI régulières symétriques ou MLI vectorielles dans lesquelles les angles de commutation sont calculés en ligne.

2-11-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents types d'onduleurs et différents types de commande. La commande MLI est la plus avantageuse pour générer des signaux sinusoïdaux. Cette commande sera étudiée dans le chapitre suivant.

3-1-Introduction

La modulation de largeurs d'impulsion consiste à adopter une fréquence de commutation supérieure à la fréquence des grandeurs de sortie et à former chaque alternance d'une tension de sortie d'une succession de créneaux de largeurs convenable.

Les onduleurs de tension servant principalement à alimenter, à fréquence fixe ou variable, des charges alternatives, le critère qui sera considéré dans ce chapitre est l'obtention pour chaque tension de sortie d'une forme d'onde approximant au mieux la sinusoïde.

3-2- Modulation de Largeur d'Impulsions

3-2-1- Principe de la modulation de Largeur d'Impulsions Sinus-Triangle :

Le principe de MLI est d'avoir une tension de sortie formée de plusieurs créneaux par alternance, de largeur convenable au lieu d'un seul dans le cas de la commande en pleine onde. Ainsi, les harmoniques sont repoussés vers des fréquences élevées. La fréquence et l'amplitude de fondamentale du signal obtenue sont réglables

La MLI sinus-triangle est réalisée par comparaison d'une onde de référence généralement sinusoïdale de basse fréquence (tension de référence ou modulante) avec un signal triangulaire de haute fréquence, appelé aussi porteuse. Les instants de commutation des interrupteurs sont déterminés par les points d'intersections entre la porteuse et la modulante.

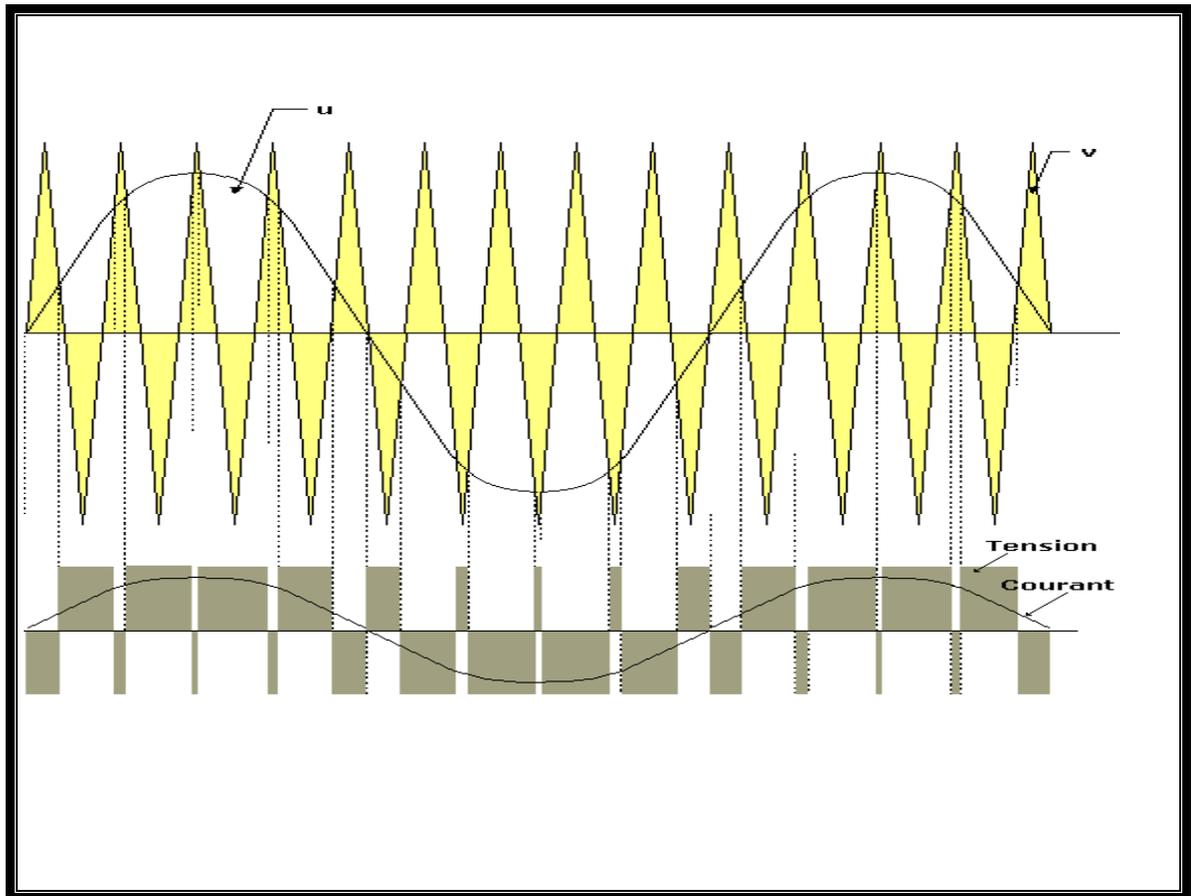


Figure (3.1): MLI utilisant la modulation sinus triangle

Caractérisation de la modulation

Si le système de tension est sinusoïdale la commande est caractérisée par l'indice de modulation « m » tel que $m=f_p/f_r$

$$\begin{cases} f_p & \text{fréquence de la porteuse} \\ f_r & \text{fréquence de la référence} \end{cases}$$

Le coefficient de réglage en tension « r » tel que $r= a_r/a_p$

$$\begin{cases} a_p & \text{amplitude de la porteuse} \\ a_r & \text{amplitude de la référence} \end{cases}$$

3-2-2-Le principe de la modulation vectorielle :

Cette modulation est utilisée par les commandes modernes des machines à courant alternatif. Les tensions de référence sont les tensions simples désirées à la sortie de l'onduleur. Cette technique de MLI est basée sur les principes suivants :

- Le signal de référence est échantillonné sur des intervalles T_z (MLI régulière),
- Pour chaque phase, on envoie une impulsion de largeur T_z centrée sur la période (MLI symétrique) dont la valeur moyenne est égale à la valeur de la tension de référence à l'instant d'échantillonnage,
- Tous les interrupteurs d'un même demi-bras ont un état identique au centre et aux deux extrémités de la période.

Cette MLI ne s'appuie pas sur des calculs séparés pour chaque bras de l'onduleur, mais sur la détermination d'un vecteur de contrôle global approximé sur une période de modulation(T_z).

3-3- Alimentation par un onduleur de tension

Pour réaliser un onduleur triphasé classique alimenté par une source de tension continue (muni d'un filtrage capacitif), dont le récepteur est une charge alternative qui se comporte comme une source de courant, on a besoin de six interrupteurs bidirectionnels en courant. Il faut aussi disposer donc de diodes rapides et performantes, montées en antiparallèle avec les transistors IGBT.

Cette configuration permet d'imposer aux charges des courants présentant une faible distorsion harmonique et conduit ainsi à l'élaboration des systèmes d'entraînements à base de moteurs à courant alternatif à hautes performances. Les techniques dites (Modulation de Largeur d'Impulsions, MLI) ou (Pulse Width Modulation, PWM, dans le jargon anglo-saxon) sont utilisées. Ces stratégies de commande des onduleurs s'appuient sur les performances en fréquence de découpage permises par les composants électroniques utilisés.

3-4- Onduleur de tension triphasé

Un onduleur de tension triphasé, dont les composants semi-conducteurs contrôlables, sont des transistors ou des thyristors GTO, est le cœur de l'organe de commande des alimentations triphasées. Il peut être considéré comme un amplificateur de puissance, il est constitué de trois bras, de deux interrupteurs pour chacun. Chaque interrupteur est monté en antiparallèle avec une diode de récupération. Pour assurer la continuité des courants alternatifs, les interrupteurs K_1 et K_2 , K_3 et K_4 , K_5 et K_6 doivent être contrôlés respectivement de manière complémentaire.

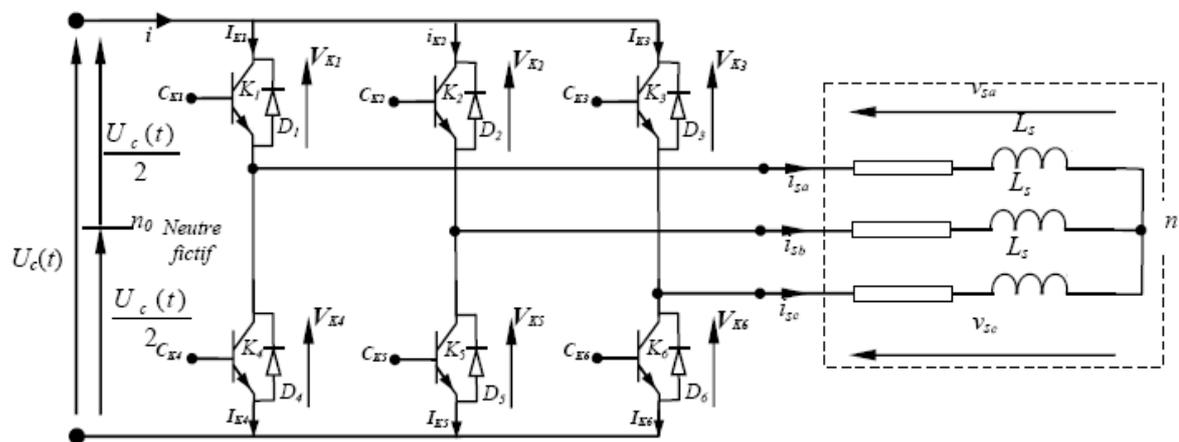


Figure (3.2) : Schéma d'un onduleur de tension alimentant une charge triphasée.

3-4-1- Modèle de l'onduleur de tension: liaison entre le coté continu et le coté alternatif

Pour simplifier l'étude, on supposera que :

- La commutation des interrupteurs instantanée;
- La chute de tension aux bornes des interrupteurs négligeable;
- La charge triphasée, est équilibrée, couplée en étoile avec un neutre isolé.

On aboutit au schéma simplifié de la figure (3.3) :

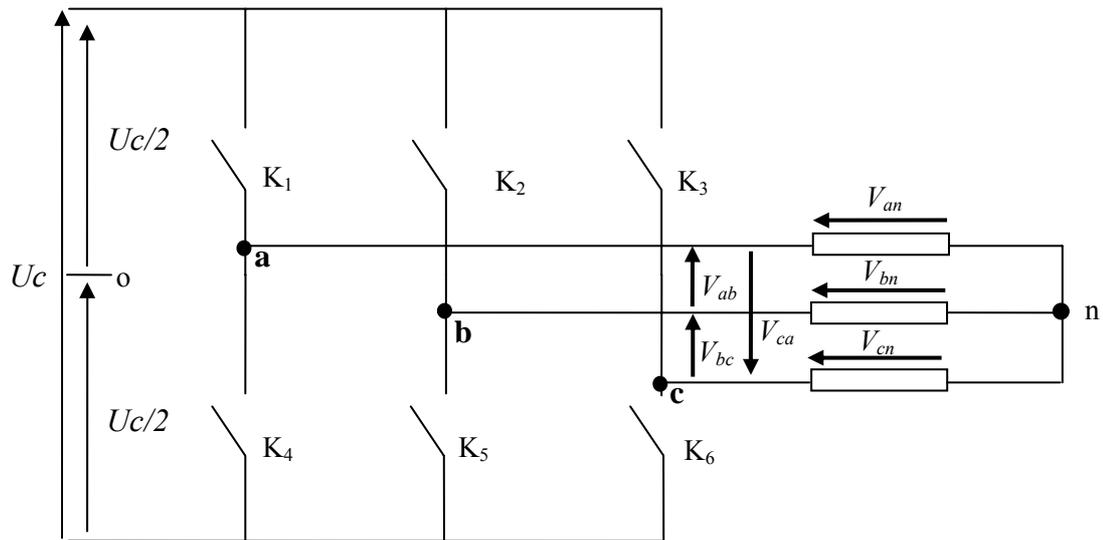


Figure (3.3) : Schéma simplifié d'un onduleur de tension.

Où :

V_{an}, V_{bn}, V_{cn} : sont les tensions simples ;

V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} : les tensions composées.

On établit la liaison entre le coté continu et le coté alternatif à travers ces interrupteurs, il est toujours utile de rappeler que la commande des interrupteurs d'un même bras est complémentaire. L'état des interrupteurs supposées parfaits peut être défini par trois grandeurs booléennes de commande C_{ki} ($i = a, b, c$).

$C_{ki} = 1$, cas où l'interrupteur du haut est fermé et celui d'en bas est ouvert ;

$C_{ki} = 0$, cas où l'interrupteur de haut est ouvert et celui d'en bas fermé.

Dans ces conditions on peut écrire les tensions de phases $V_{i=(a, b, c)}$ en fonction des signaux de commande C_{ki} :

$$V_{im(a,b,c)} = C_{ki} U_c + \frac{U_c}{2} \tag{3.1}$$

Les trois tensions composées, V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} sont définies par les relations suivantes en tenant compte du point fictif « o » :

$$\begin{cases} V_{ub} = V_{uv} + V_{vb} = V_{uv} - V_{bv} \\ V_{bc} = V_{bo} + V_{co} = V_{bo} - V_{oc} \\ V_{ca} = V_{co} + V_{ao} = V_{co} - V_{oa} \end{cases} \quad (3.2)$$

Soit « n » le point neutre du coté alternatif, on a alors :

$$\begin{cases} V_{ao} = V_{an} + V_{no} \\ V_{bo} = V_{bn} + V_{no} \\ V_{co} = V_{cn} + V_{no} \end{cases} \quad (3.3)$$

La charge étant équilibrée, il en résulte :

$$V_{un} + V_{bn} + V_{cn} = 0 \quad (3.4)$$

En remplaçant (3.4) dans (3.2) on peut écrire :

$$V_{no} = \frac{1}{3} (V_{ao} + V_{bo} + V_{co}) \quad (3.5)$$

La substitution de (3.3) dans (3.5) nous donne pour les tensions simples :

$$\begin{cases} V_{an} = \frac{2}{3}V_{ao} - \frac{1}{3}V_{bo} - \frac{1}{3}V_{co} \\ V_{bn} = -\frac{1}{3}V_{ao} + \frac{2}{3}V_{bo} - \frac{1}{3}V_{co} \\ V_{cn} = -\frac{1}{3}V_{ao} - \frac{1}{3}V_{bo} + \frac{2}{3}V_{co} \end{cases} \quad (3.6)$$

L'utilisation de l'expression (3.1) permet d'établir les équations instantanées des tensions simples en fonction des grandeurs de commande :

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{U_c}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ 1 & 2 & 1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{k\alpha} \\ C_{kb} \\ C_{kc} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Avec:

Chapitre3 la modulation de largeur d'impulsion dans les onduleurs de tension

V_{ao}, V_{bo}, V_{co} correspondent aux tensions à l'entrée de l'onduleur (valeurs du côté continu) et si V_{an}, V_{bn}, V_{cn} sont les tensions à la sortie de celui-ci, par conséquent l'onduleur qui établit cette liaison entre les deux côtés est modélisé par la matrice de transfert G donnée par :

$$G = \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Les différentes combinaisons des trois grandeurs de commande (C_{ka}, C_{kb}, C_{kc}) permettent de générer huit états de commande dont deux sont nuls, ces états sont notés $V_0, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6,$ et V_7 comme le montre la figure (3.4) et (3.5).

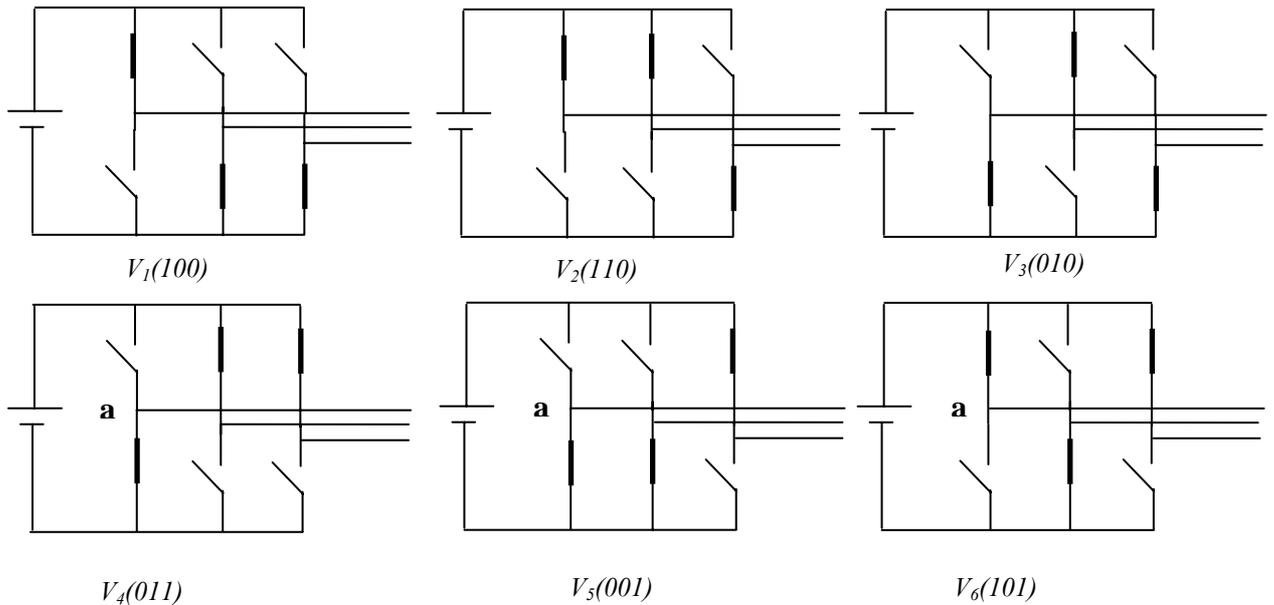


Figure (3.4) : Les six états de commande actifs.

Les deux états nuls V_0, V_7 .

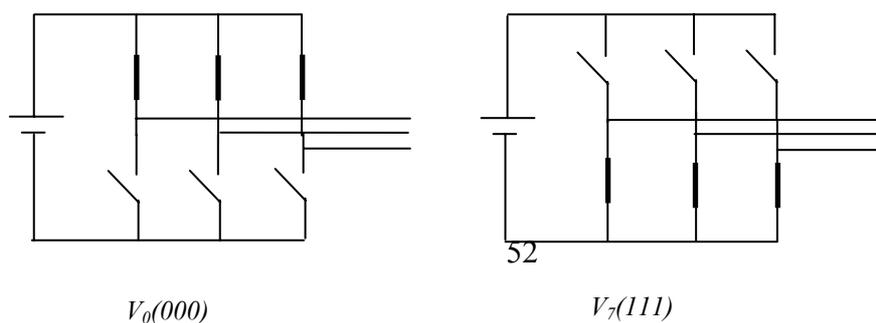


Figure (3.5) : Les deux états de commande nuls.

3-5 Mise en œuvre de la modulation Vectorielle

3-5-1- Transformation de Concordia

La modulation vectorielle est donc basée sur la représentation des trois tensions de phases comme un seul vecteur d'espace, c'est à dire en coordonnées polaire, ceci est obtenu par le biais d'une transformation d'un plan triphasé en un plan biphasé, il s'agit de la transformation de *Concordia* qui consiste substituer aux trois tensions de phase V_a, V_b, V_c exprimées dans le repère triphasé (a, b, c) leurs composantes V_α, V_β, V_o exprimées dans un système de coordonnées biphasé (α, β, o).

La relation entre les deux repères est :

$$f_{\alpha\beta o} = C_{\alpha\beta o} f_{abc} \quad (3.12)$$

tel que:

$$C_{\alpha\beta o} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

$$f_{\alpha\beta o} = [f_\alpha \ f_\beta \ f_o]^T; f_{abc} = [f_a \ f_b \ f_c]$$

f Peut être soit une tension, un courant ou un flux.

Chapitre3 la modulation de largeur d’impulsion dans les onduleurs de tension

Comme il est décrit sur la figure (3.7), cette transformation est équivalente à une projection orthogonale de $[a \ b \ c]^T$ sur un système bidimensionnel perpendiculaire au vecteur $[1 \ 1 \ 1]^T$ (équivalent au plan $(\alpha\beta o)$ dans le système de coordonnées triphasé [3][7]).

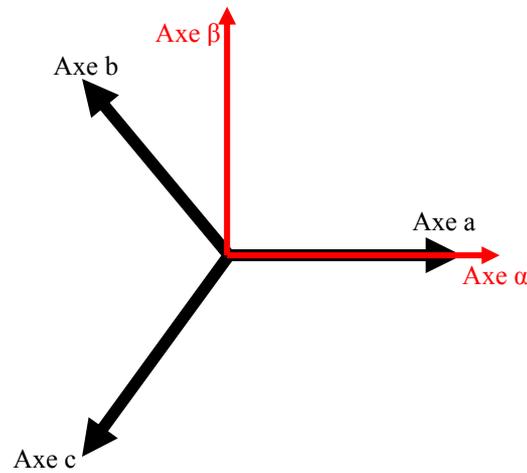


Figure 3.7 Transformation de coordonnées triphasé en deux axes

Ce type de stratégie permet une bonne maîtrise du vecteur tension et un bon rejet des harmoniques vers les fréquences élevées. Une analyse combinatoire de tous les interrupteurs permet de calculer les vecteurs de tension v_α et v_β , données par le tableau (3.1), [4]

Vecteurs de commande	Etat des interrupteurs			Tensions au point fictifs o			Tensions simples			Tensions composées	
	K_1	K_2	K_3	V_{ao}	V_{bo}	V_{co}	$V_{\alpha o}$	$V_{\beta o}$	$V_{\gamma o}$	V_α	V_β
V_0	0	0	0	$-U_c/2$	$-U_c/2$	$-U_c/2$	0	0	0	0	0

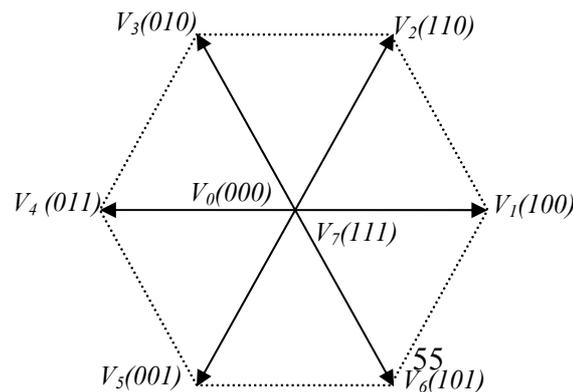
V_1	1	0	0	$U_c/2$	$-U_c/2$	$U_c/2$	$2/3 U_c$	$-1/3 U_c$	$-1/3 U_c$	$U_c/\frac{\sqrt{3}}{2}$	0
V_2	1	1	0	$U_c/2$	$U_c/2$	$-U_c/2$	$1/3 U_c$	$1/3 U_c$	$-2/3 U_c$	$U_c/\sqrt{6}$	$U_c/\sqrt{2}$
V_3	0	1	0	$-U_c/2$	$U_c/2$	$U_c/2$	$-1/3 U_c$	$2/3 U_c$	$-1/3 U_c$	$-U_c/\sqrt{6}$	$U_c/\sqrt{2}$
V_4	0	1	1	$-U_c/2$	$U_c/2$	$U_c/2$	$-2/3 U_c$	$1/3 U_c$	$1/3 U_c$	$U_c/\frac{\sqrt{3}}{2}$	0
V_5	0	0	1	$-U_c/2$	$-U_c/2$	$U_c/2$	$-1/3 U_c$	$-1/3 U_c$	$2/3 U_c$	$-U_c/\sqrt{6}$	$-U_c/\sqrt{2}$
V_6	1	0	1	$U_c/2$	$-U_c/2$	$U_c/2$	$1/3 U_c$	$-2/3 U_c$	$1/3 U_c$	$U_c/\sqrt{6}$	$-U_c/\sqrt{2}$
V_7	1	1	1	$U_c/2$	$U_c/2$	$U_c/2$	0	0	0	0	0

Tableau (3.1) : Calcul des vecteurs de tension

3-5-2- Vecteurs de commande

Il existe huit états possibles pour commander les interrupteurs de l'onduleur, dont six sont des séquences actives alimentant la charge. Celles-ci définissent six vecteurs de tensions à la sortie de l'onduleur : ($V_i=1, 2, 6$) voir figure (3.4). Les deux séquences restantes sont des séquences de roue libre et définissent deux vecteurs de tensions nuls V_0 et V_7 , voir figure (3.5).

Les six vecteurs non nuls de tension appelés également vecteurs spatiaux, forment les axes d'un hexagone régulier, les deux vecteurs inactifs nuls coïncident avec l'origine, ils sont perpendiculaire au plan (α, β). L'angle entre deux vecteurs adjacents est de ($\pi/3$).



L'objectif de la technique de modulation vectorielle est l'approximation du vecteur référence ' V_{ref} ' en utilisant des portions des huit vecteurs de base, ces portions sont liées par un rapport cyclique aux vecteurs de base, donc aux durées de modulation. Une simple approximation est de générer la valeur de la tension à la sortie de l'onduleur dans une petite période d'échantillonnage T_z de telle sorte à ce qu'elle soit identique à V_{ref} au court de cette période [5].

La même transformation peut être appliquée à la tension désirée à la sortie de l'onduleur de telle façon à obtenir la tension de référence désirée V_{ref} dans le référentiel $(\alpha, \beta, 0)$ figure (3.7). Donc, la modulation vectorielle peut être implémentée de la manière suivante :

- 1 étape : Détermination des tensions de références V_α , V_β donc V_{ref} et l'angle θ ;
- 2 étape : Génération des séries d'impulsions T_1 , T_2 et T_0 ;
- 3 étape : Détermination des instants de commutation pour chaque transistor (K1 à K6).

3-5-3- Etape 1 : la détermination de V_α , V_β , V_{ref} et l'angle θ

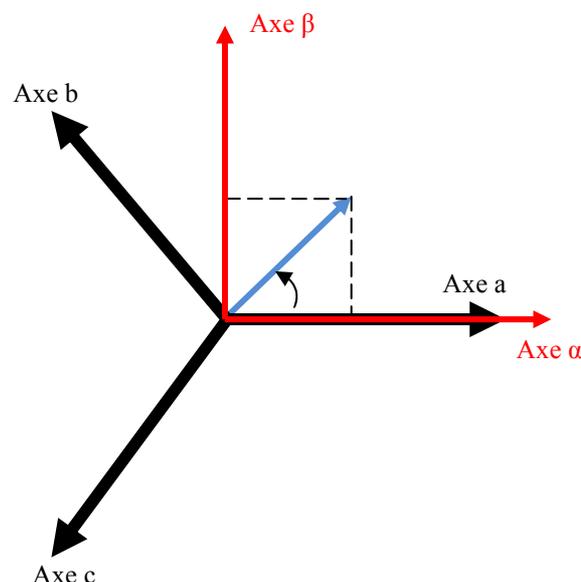


Figure (3.9): Représentation de V_{ref} dans le repère $\alpha\beta$.

D'après la figure (3.9) V_α , V_β , V_{ref} et l'angle θ sont déterminés comme suit :

$$V_\alpha = V_{an} \cos(0) - V_{bn} \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) - V_{cn} \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = V_{an} - \frac{1}{2}V_{bn} - \frac{1}{2}V_{cn} \quad (3.14)$$

$$V_\beta = V_{an} \cos\frac{\pi}{2} + V_{bn} \cos\frac{\pi}{6} - V_{cn} \cos\frac{\pi}{6} = 0 + \frac{\sqrt{3}}{2}V_{bn} - \frac{\sqrt{3}}{2}V_{cn} \quad (3.15)$$

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

$$|V_{ref}| = \sqrt{V_\alpha^2 + V_\beta^2} \quad (3.17)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{V_\alpha}{V_\beta}\right) = \omega t = 2\pi f t$$

f : Fréquence du fondamental.

3-5-4- Étape 2: génération des séries d'impulsions T_1 , T_2 et T_0 [5]

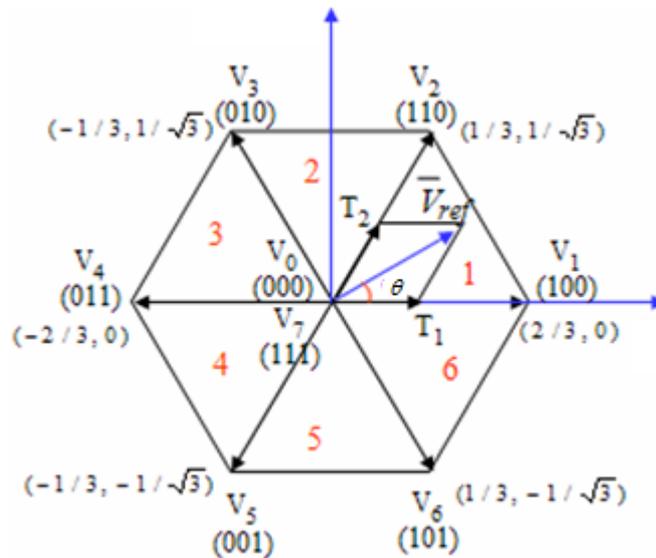


Figure (3.10) : Représentation des huit vecteurs de commande et de \bar{V}_{ref} dans le plan $\alpha\beta$.

3-5-5- Durée des temps de commutation dans le secteur1 [5]

$$\int_0^{T_z} \bar{V}_{ref} = \int_0^{T_1} \bar{V}_1 dt + \int_{T_1}^{T_1+T_2} \bar{V}_2 dt + \int_{T_1+T_2}^{T_z} \bar{V}_0 dt \tag{3.18}$$

$$T_z \cdot \bar{V}_{ref} = (T_1 \bar{V}_1 + T_2 \bar{V}_2) \tag{3.19}$$

$$\Rightarrow T_z \cdot \bar{V}_{ref} \begin{bmatrix} \cos(\theta) \\ \sin(\theta) \end{bmatrix} = T_1 \frac{2}{3} U_c \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + T_2 \frac{2}{3} U_c \begin{bmatrix} \cos(\pi/3) \\ \sin(\pi/3) \end{bmatrix} \tag{3.20}$$

Tel que : $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3}$

$$T_1 = T_z r \frac{\sin(\pi/3 - \theta)}{\sin(\pi/3)} \tag{3.21}$$

$$T_2 = T_z r \frac{\sin(\theta)}{\sin(\pi/3)} \tag{3.22}$$

$$T_0 = T_z - (T_1 + T_2), \quad (3.23)$$

Tel que : $T_z = \frac{1}{f_z}$ et $r = \frac{|\bar{V}_{ref}|}{\frac{2}{3} U_c}$

3-5-6 Durée des temps de commutation dans un secteur quelconque [5]

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{\sqrt{3} T_z |\bar{V}_{ref}|}{U_c} \left(\sin \left(\frac{\pi}{3} - \theta + \frac{n-1}{3} \pi \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} T_z |\bar{V}_{ref}|}{U_c} \left(\sin \left(n \frac{\pi}{3} - \theta \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} T_z |\bar{V}_{ref}|}{U_c} \left(\sin \frac{n\pi}{3} \cos \theta - \cos \frac{n\pi}{3} \sin \theta \right) \end{aligned} \quad (3.24)$$

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{\sqrt{3} T_z |\bar{V}_{ref}|}{U_c} \left(\sin \left(\theta - \frac{n-1}{3} \pi \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} T_z |\bar{V}_{ref}|}{U_c} \left(-\cos \theta \sin \frac{n-1}{3} \pi + \sin \theta \cos \frac{n-1}{3} \pi \right) \end{aligned} \quad (3.25)$$

$$T_0 = T_z - T_1 - T_2 \quad (3.26)$$

(n allons de 1 à 6 (n étant le nombre de secteurs total, $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{3}$))

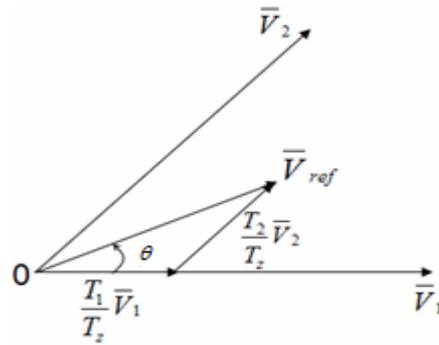


Figure (3.11) : Représentation vectorielle de V_{ref} en fonction de deux tensions adjacentes

La figure (3.12) montre des portions de temps (durée des commutations) qui doivent être allouées à chaque vecteur de tension dans chaque secteur.

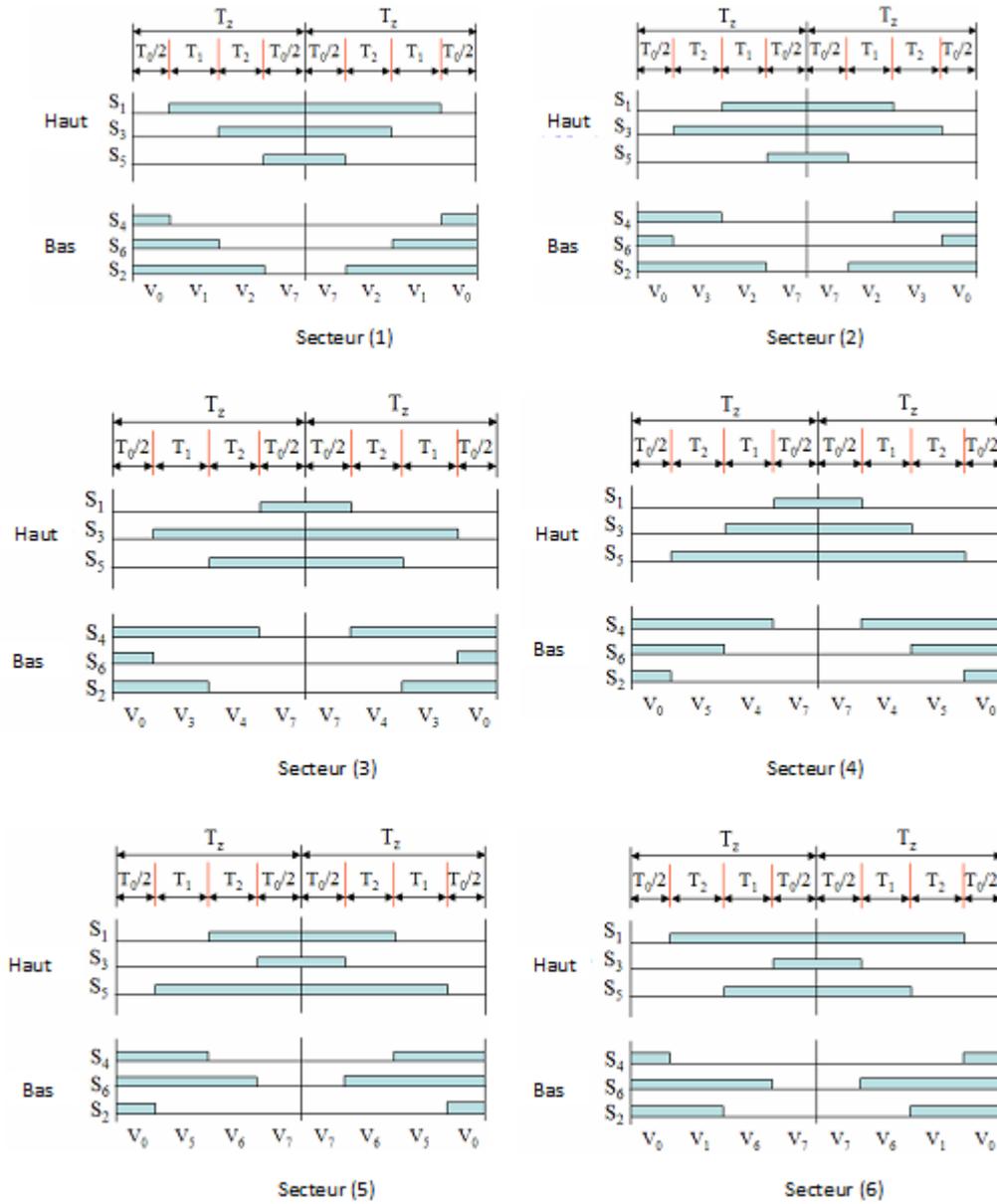


Figure (3.12) : Portions de temps (durée de commutation) allouées à chaque vecteur de tension à chaque secteur

3-5-7-Étape 3 : détermination des instants de commutation pour chaque interrupteur

Chapitre3 la modulation de largeur d'impulsion dans les onduleurs de tension

Le tableau (3.2), montre des portions de temps (durée des commutations) qui doivent être allouées à chaque vecteur de tension dans chaque secteur [5].

Indice du secteur	Les interrupteurs du haut	Les interrupteurs du bas
1	$S_1 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$ $S_3 = (T_2 + T_0/2)$ $S_5 = (T_0/2)$	$S_4 = (T_0/2)$ $S_6 = (T_1 + T_0/2)$ $S_2 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$
2	$S_1 = (T_1 + T_0/2)$ $S_3 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$ $S_5 = (T_0/2)$	$S_4 = (T_2 + T_0/2)$ $S_6 = (T_0/2)$ $S_2 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$
3	$S_1 = (T_0/2)$ $S_3 = (T_2 + T_0/2)$ $S_5 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$	$S_4 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$ $S_6 = (T_0/2)$ $S_2 = (T_1 + T_0/2)$
4	$S_1 = (T_0/2)$ $S_3 = (T_1 + T_0/2)$ $S_5 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$	$S_4 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$ $S_6 = (T_2 + T_0/2)$ $S_2 = (T_0/2)$
5	$S_1 = (T_2 + T_0/2)$ $S_3 = (T_0/2)$ $S_5 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$	$S_4 = (T_1 + T_0/2)$ $S_6 = (T_2 + T_0/2)$ $S_2 = (T_0/2)$
6	$S_1 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$ $S_3 = (T_0/2)$ $S_5 = (T_1 + T_0/2)$	$S_4 = (T_0/2)$ $S_6 = (T_1 + T_2 + T_0/2)$ $S_2 = (T_2 + T_0/2)$

Tableau (3.2) :

commutations dans chaque secteur.

Temps de

3-6-conclusion :

Le principe de cette méthode est la détermination des portions de temps (durée de l'ondulation) qui doivent être allouées à chaque vecteur de tension durant la période d'échantillonnage. Cette commande rapprochée permet de déterminer les séquences des allumages et des extinctions des composants du convertisseur et de minimiser les harmoniques de tension appliquée au charge, cela tout en utilisant efficacement la tension d'alimentation du coté continue de l'onduleur.

4.1 Introduction

En ingénierie, la simulation est un moyen efficace et économique couramment utilisé pour faire des études préliminaires et/ou comparatives, tant au stade du développement (conception), qu'au cours du fonctionnement normal des systèmes. Actuellement, plusieurs outils de simulation, parmi lesquels MATLAB/SIMULINK™, sont utilisés dans l'industrie et dans les milieux universitaires.

4.2 Résultats de simulation

Cette dernière partie est donc réservée aux différentes simulations sous MATLAB/SIMULINK™ et à la partie pratique qui consiste à implanter notre algorithme sur la carte Dspace. Il est à remarquer que plusieurs possibilités de programmation sont offertes quand on utilise l'espace matlab, malheureusement quand il s'agit de le compiler pour l'utiliser sur le control desk cela pose problème, car seul un certain nombre de fonctions existant sous MATLAB/SIMULINK™ sont acceptées. Pour ce faire, il faut à chaque fois contourner ces problèmes.

Pour générer un algorithme de modulation de largeur d'impulsion en temps réel en utilisant une dspace, il existe deux possibilités, soit utiliser le processeur TMS320P14, sinon le bloc générateur PWM qui est en réalité un autre processeur spécialisé. L'avantage de ce dernier processeur par rapport au précédent réside dans sa période d'échantillonnage.

Le générateur PWM se présente comme suit:

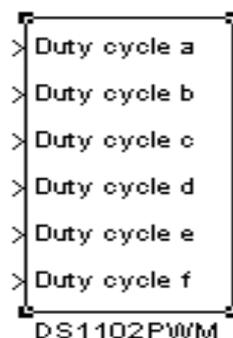


Figure (4.1) : Générateur PWM

On constate que ce bloc utilise plutôt les rapports cycliques, il se comporte comme un interprète pour traduire les rapports cycliques en signaux de commande de base appliqué sur bases transistors.

Une solution toute simple consiste à appliquer des rapports cycliques de forme sinusoïdaux comme le montre la figure suivante :

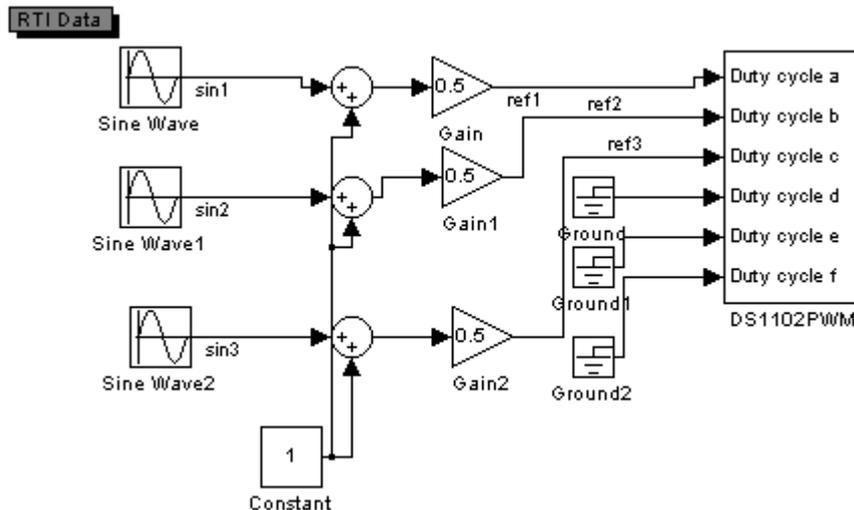


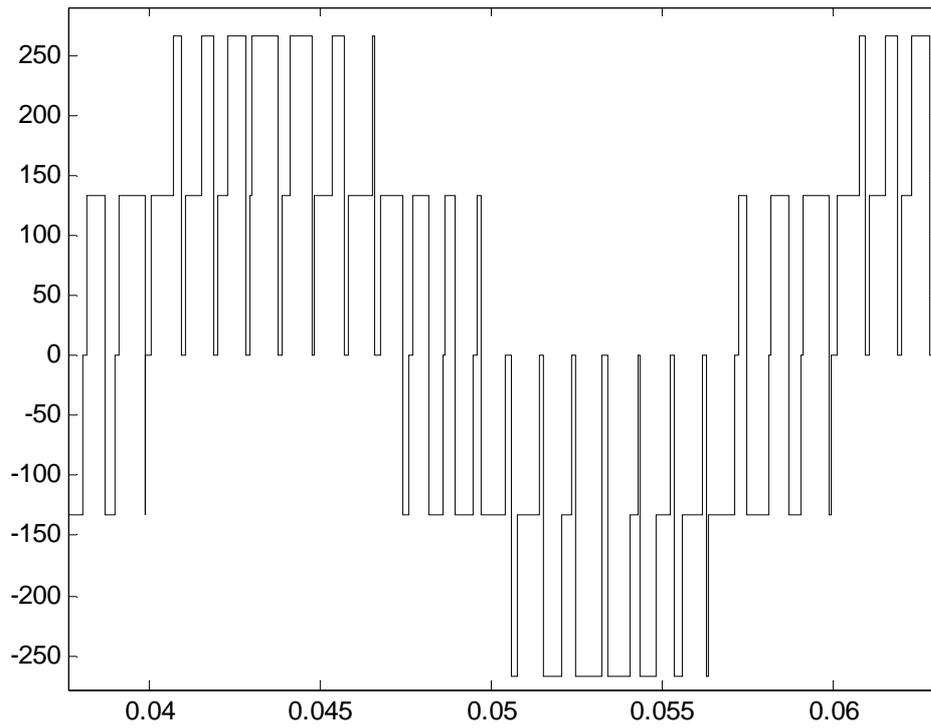
Figure (4.2) : Exemple de génération de MLI

Seulement, après simulation du programme qui traduit l’algorithme de la MLI vectoriel, dont la méthodologie est présentée au chapitre 3 et la proposition de la figure précédente, on constate que l’amplitude du fondamental est meilleure pour la MLI vectoriel, voire figure (4.5).

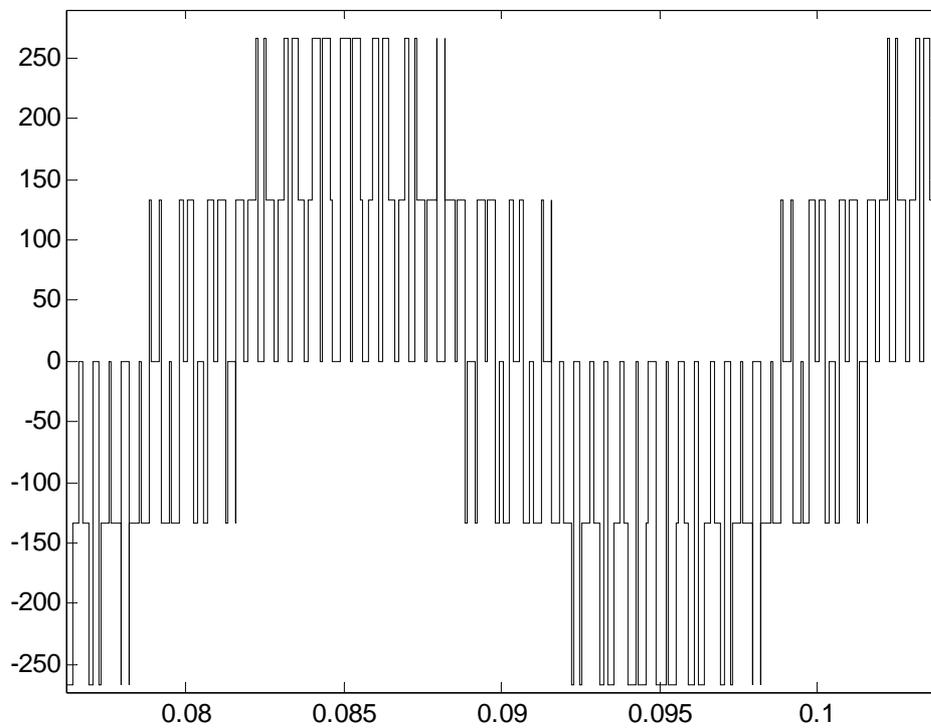
Ainsi si nous devant présenter la forme de l’évolution des rapports cycliques obtenus pour la MLI vectorielle, nous obtenant une forme comme si il y a injection d’un harmonique de rang trois dans le terme fondamental voir figure (4.6).

Les deux simulations sont faites :

- Pour la MLI naturel : ($m=21$, $V_{dc}=400V$, $r= (0.8)$, $F=50Hz$)
- Pour la MLI vectorielle ($Fz=21*50Hz$, $V_{dc}=400V$, $r=0.8$, $F=50Hz$)



Figure(4.3) :Forme de la tension de phase obtenu pour une MLI vectorielle



Figure(4.4) :Forme de la tension de phase obtenu pour une MLI naturelle

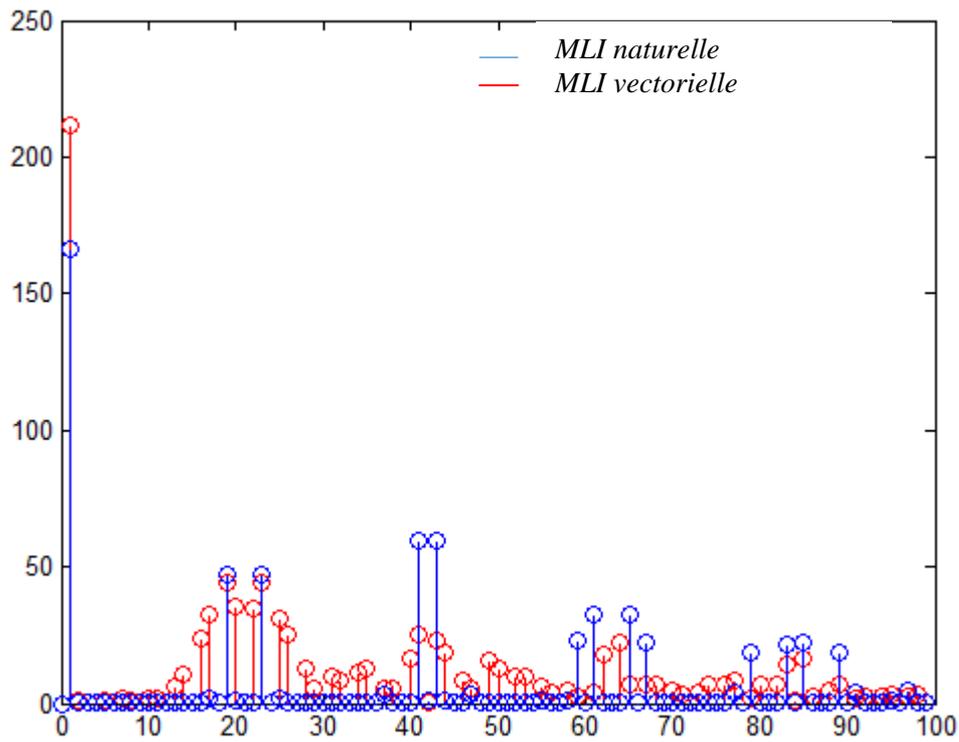


Figure (4.5) : Analyse spectral des tensions précédentes

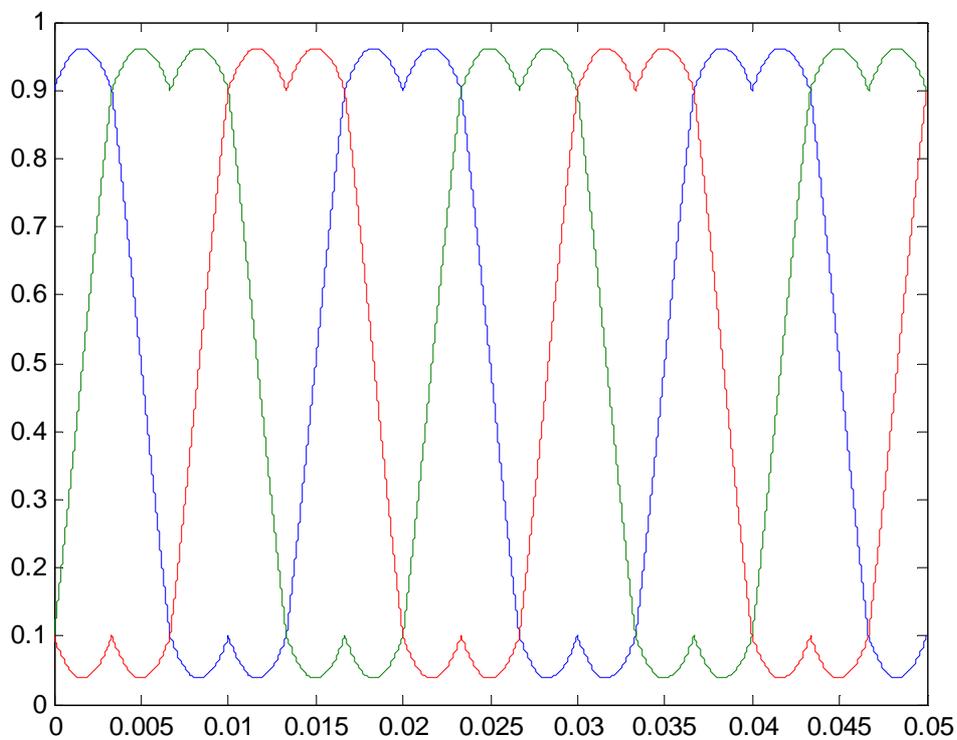
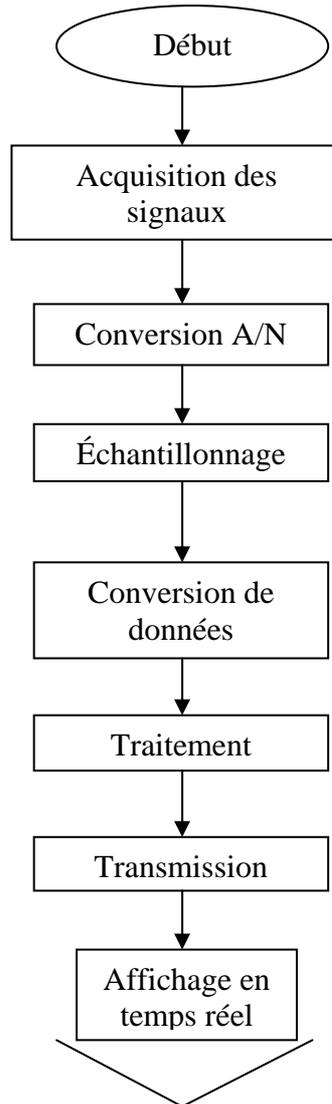


Figure (4.6) : forme des rapports cycliques, cas de la MLI vectorielle

4.3 Résultats pratiques

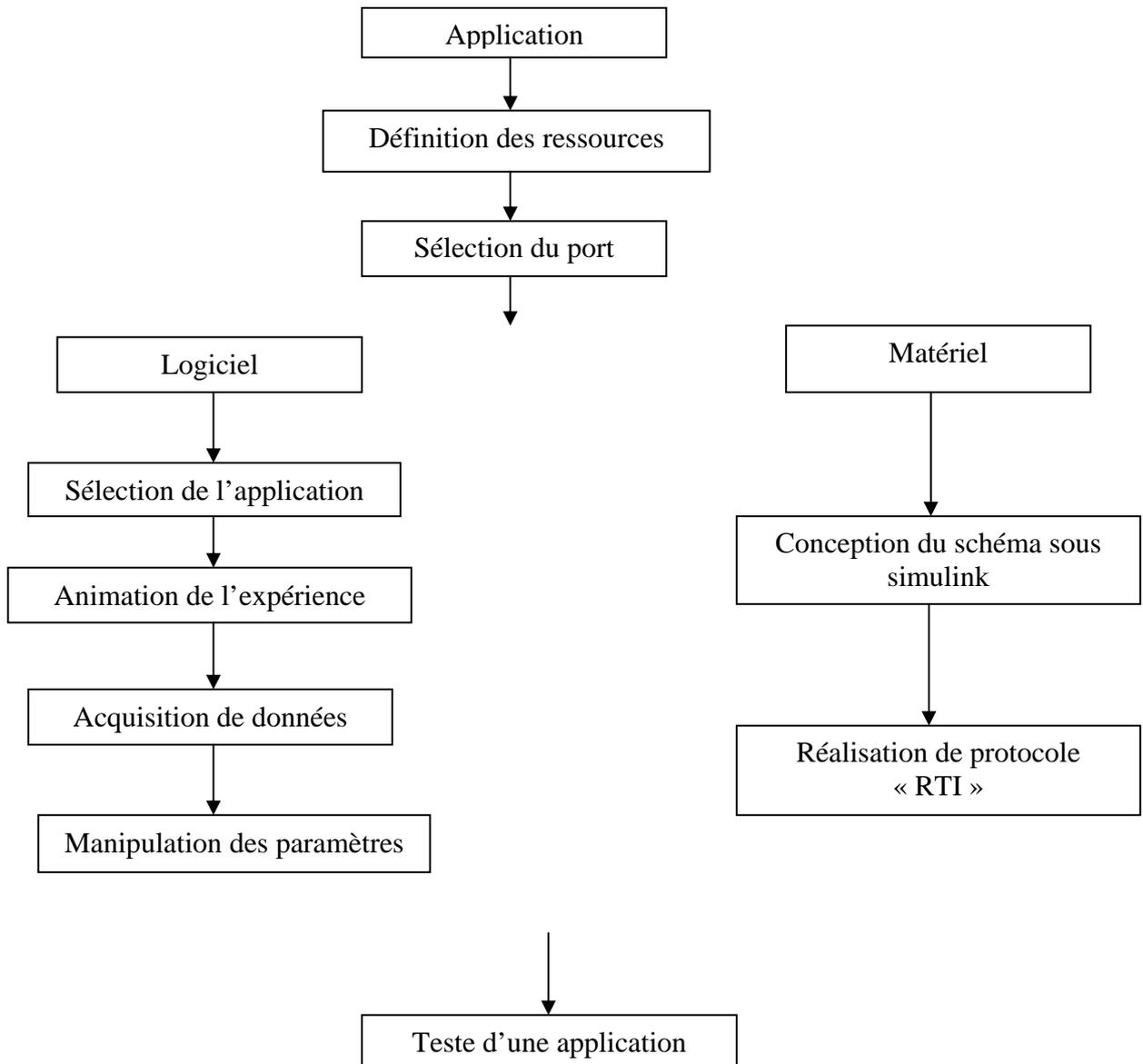
L'avantage de la carte DSPACE est sa simplicité de programmation, il suffit de modéliser le système sous forme d'un schéma bloc avec MATLAB SIMULINK et de le convertir à un code exécutable par le DSP.

- Organigramme général d'un processus de développement :

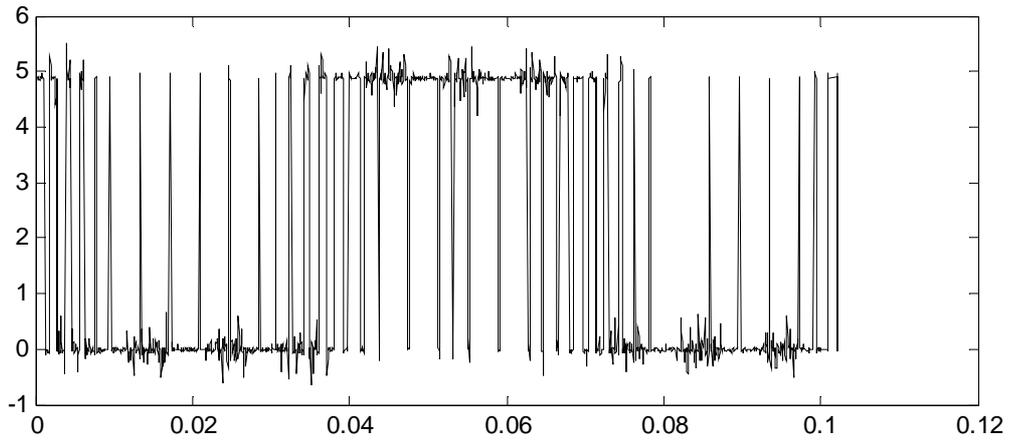


➤ **Organigramme de teste pratique :**

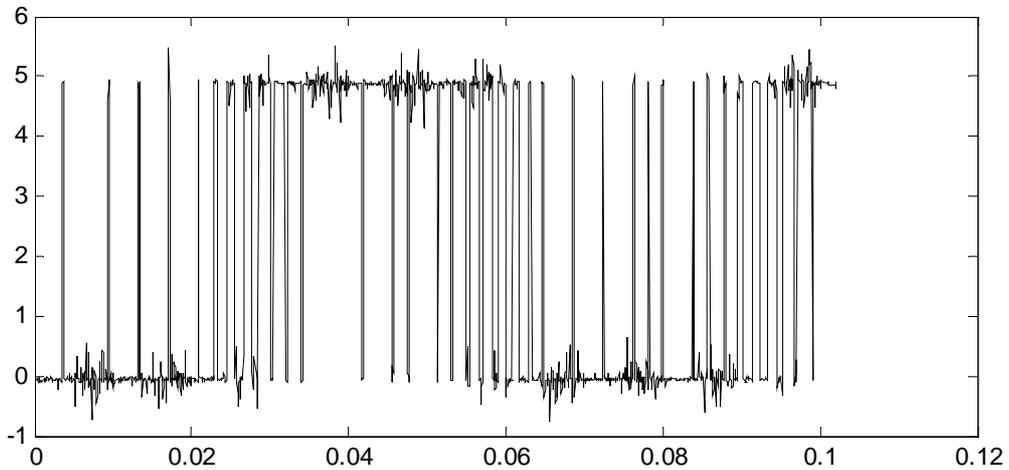
Après réalisation de schéma bloc sous simulink, et pour un contrôle du système en temps réel, control desk offre un ensemble de programme qui fournisse l'accès à l'application et donne son résultat.



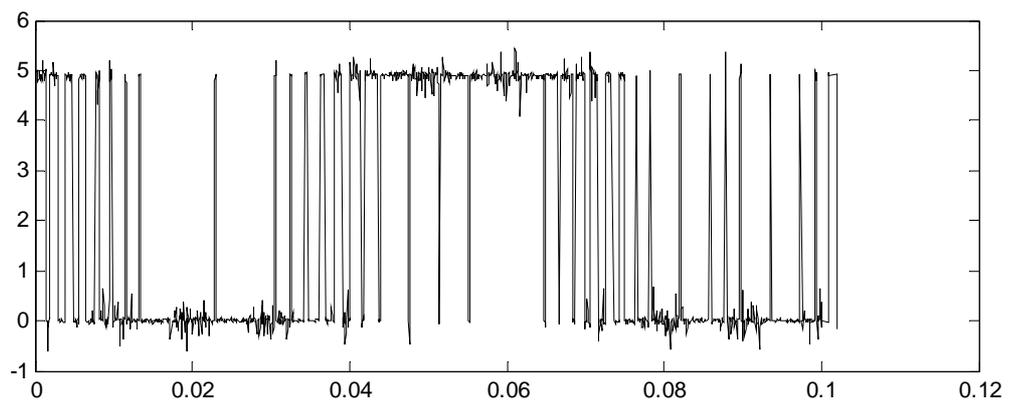
Après compilation est exécution nous avons obtenus les résultats pratiques suivants :



Phase 1



Phase 2



Phase 3

Figure (4.8) : Résultats pratique

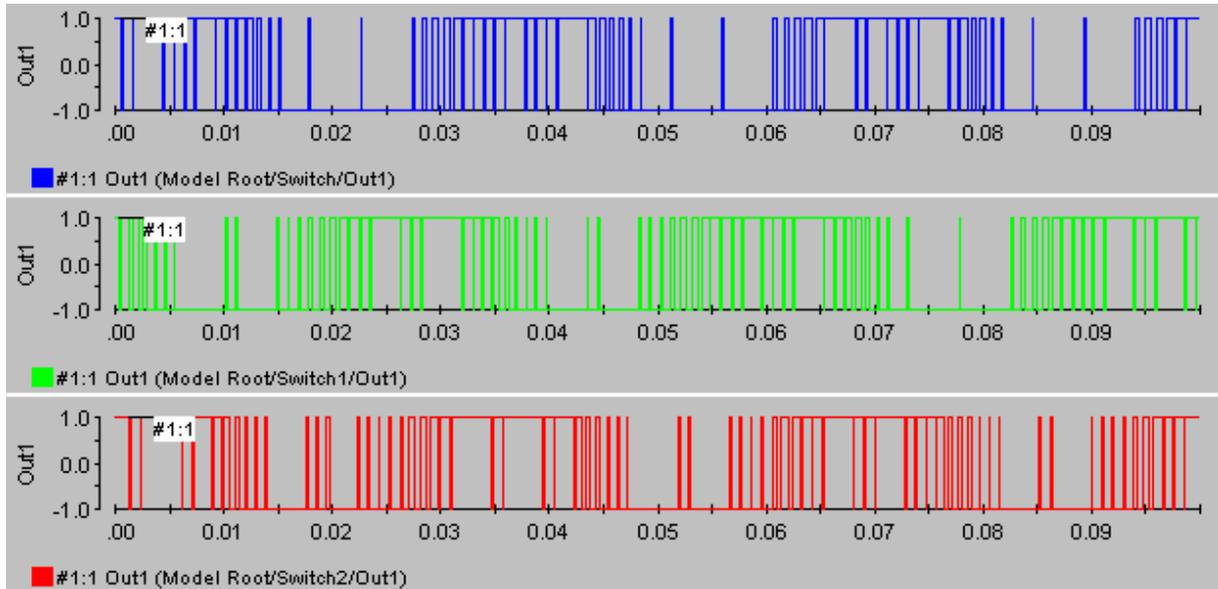


Figure (4.9) : Résultats visualisé sur control desk

4-5- Conclusion :

A l'aide des résultats obtenu en simulation et ceux visualiser avec un oscilloscope, on peut conclure que notre but est atteint. Malheureusement il aurait été plus judicieux d'utiliser le générateur PWM. Pour une meilleure appréciation des résultats.

Conclusion Générale

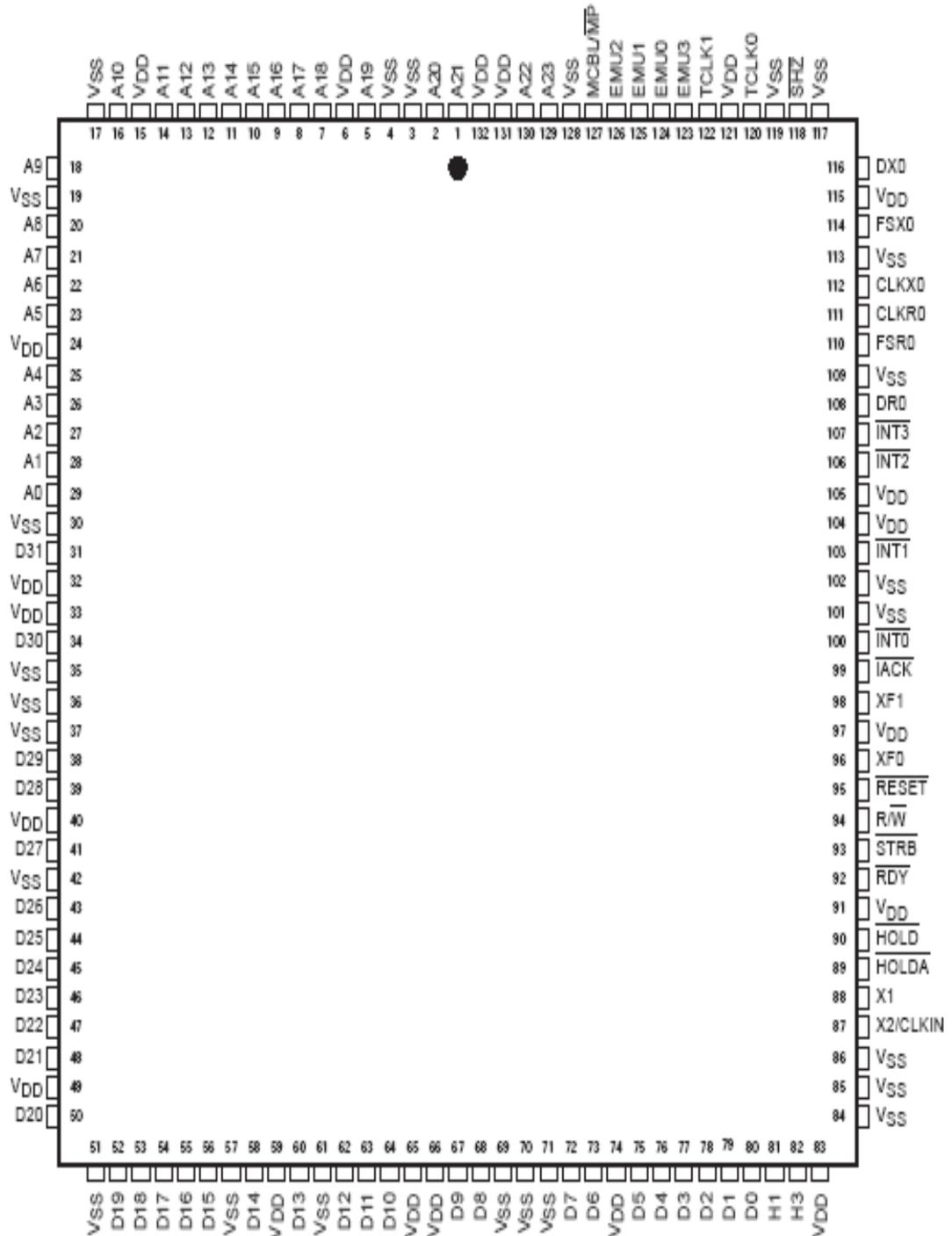
Au terme de ce travail nous sommes arrivés d'une part à faire fonctionner la carte de contrôle DS1102, et de générer un signal de commande basé sur un algorithme de gestion d'une modulation de largeur d'impulsion de type vectorielle.

Après avoir effectué une étude du principe de fonctionnement et une présentation de la carte de contrôle, nous nous sommes attelés pour réaliser le travail qui nous a été demandé, à savoir la génération à l'aide d'une carte DSPICE de l'algorithme de modulation, ce dernier servira, on l'espère, plus tard à contrôler les transistors constituant un onduleur de tension triphasé.

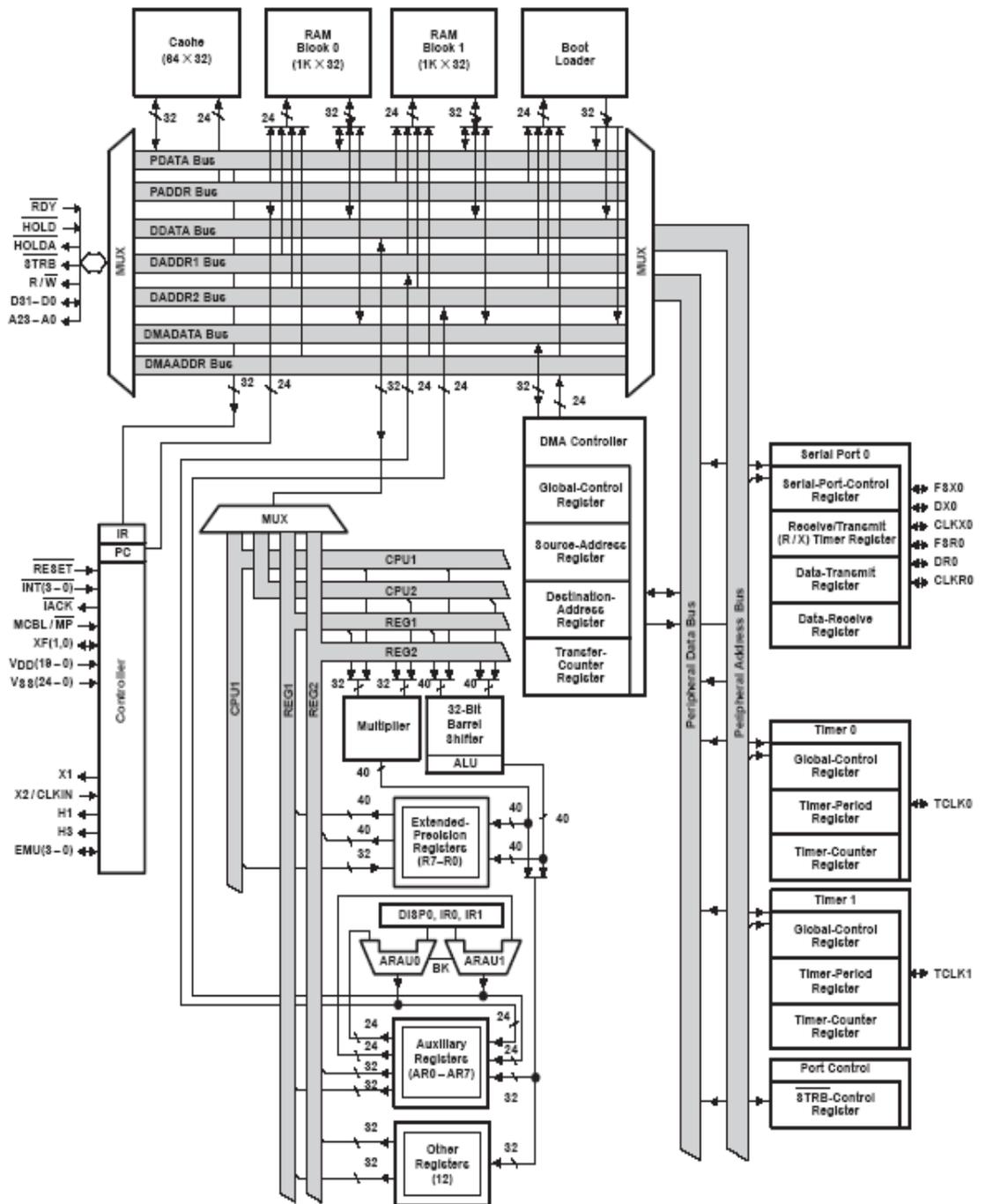
Cette étude nous a permis d'apporter un complément indispensable à notre formation, en enrichissant celle-ci par des connaissances nouvelles sur l'électronique de puissance.

On espère qu'on a été au bout de la tâche qui nous a été confiée et que notre travail, puisse servir de support pour les travaux à venir.

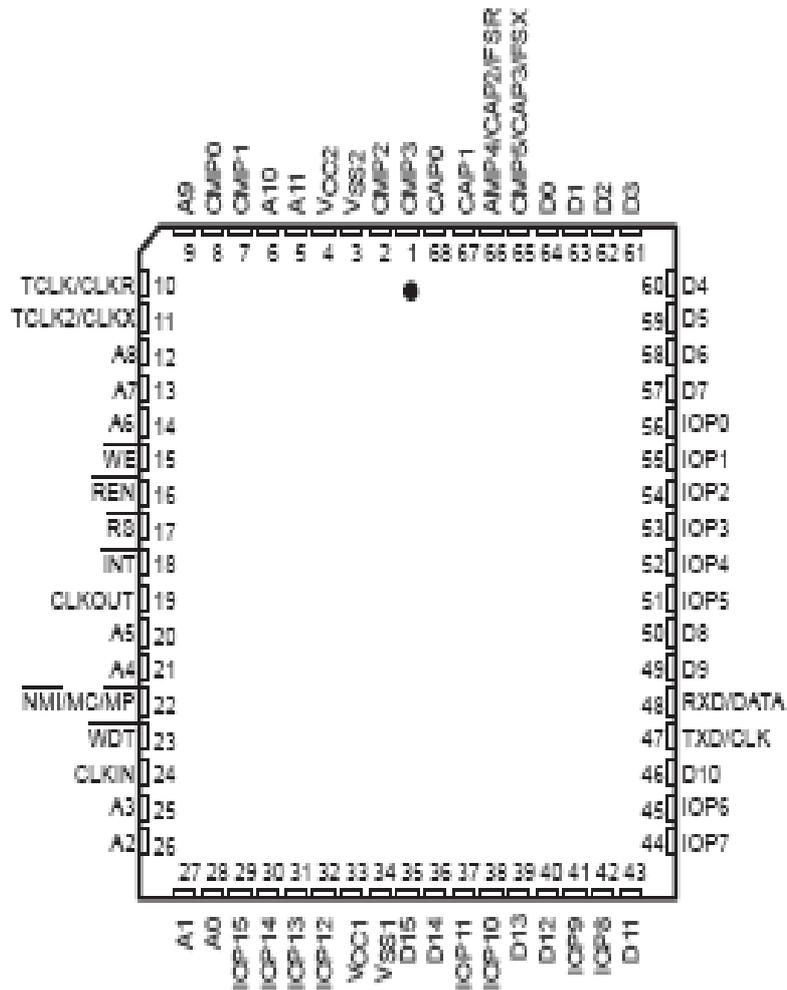
Annexe A



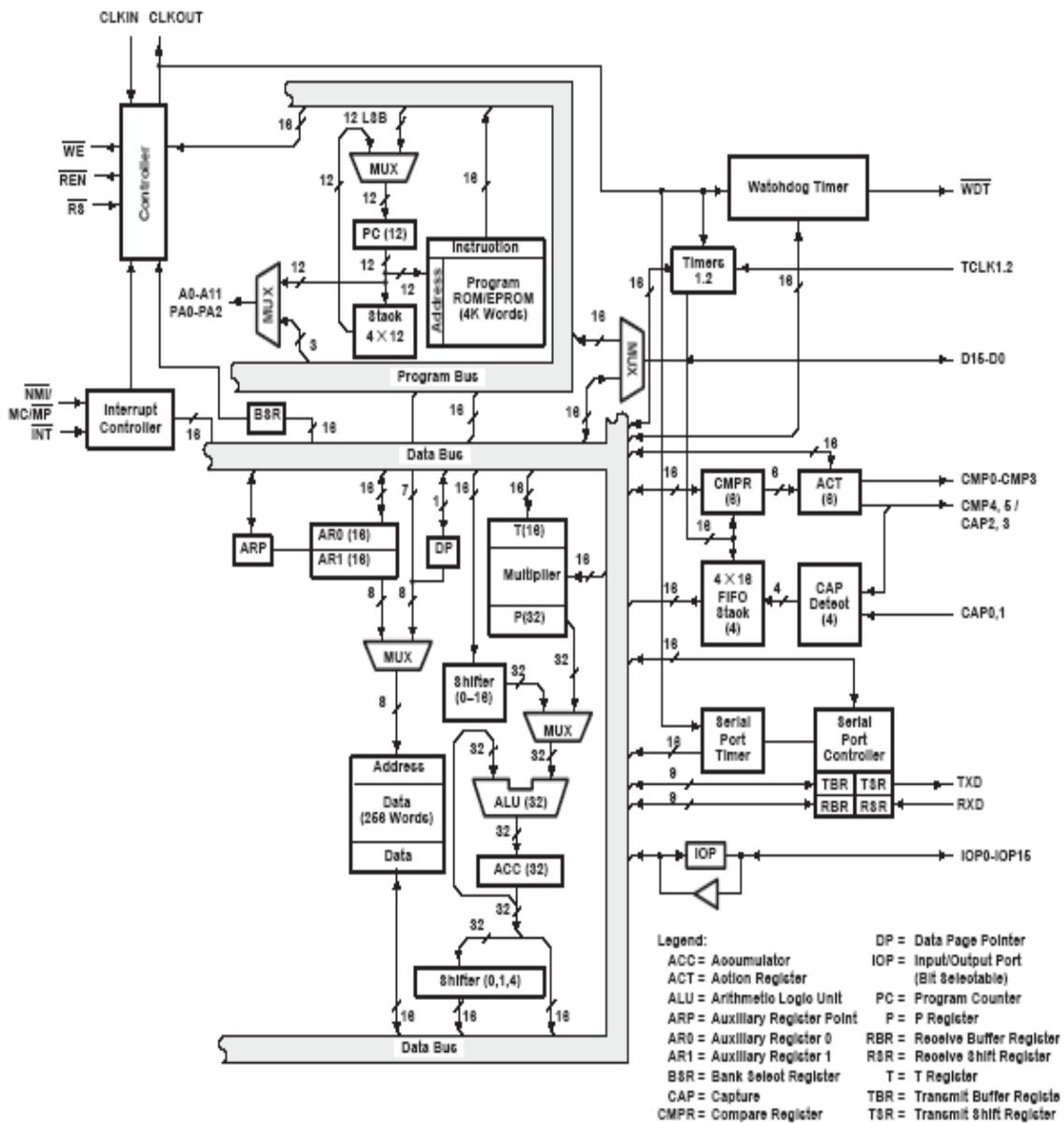
**Le package du TMS320C31.
Vue de haut**



Architecture interne du TMS320C31.



Package du TMS320P14
Vue de haut.



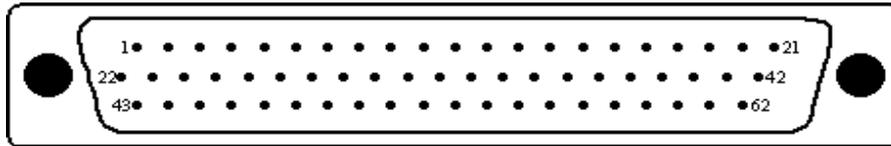
Architecture interne du TMS320P14

Quelques caractéristiques principales du TMS320C31 sont

- ✓ 33.33ns temps d'exécution d'une instruction en un seul cycle.
- ✓ Code objet compatible avec le TMS320C30.
- ✓ Deux 1K×32-bit pour un double accès a des parties des blocs de la RAM de données.
- ✓ 64×32-bit d'instructions cache.
- ✓ 32-bit d'instruction et de mots de donnée, adresses 24-bit.
- ✓ 40/32-bit virgule flottante/un multiplicateur de nombre entier et UAL.
- ✓ 32-bit barrel shifter.
- ✓ Huit accumulateurs de 40-bit
- ✓ Deux adresses indépendantes d'unité arithmétique.
- ✓ 2- et 3- instructions opérande
- ✓ Port série.
- ✓ Un contrôleur DMA pour les opérations DMA et CPU.
- ✓ Quatre interruptions externes.
- ✓ Deux Timers de 32-bit.

V-3 Data sheet du CP1102 et CLP1102 :

- les conditions de fonctionnement : température ambiante 0 à 70°C ; humidité 0-95%.
- Les conditions de stockage : température ambiante -10 à 70°C ; humidité 0-95%.
- Le boîtier n'est pas remis à la masse.
- Longueur du câble : standard 1.5m
- Poids : 1.6kg
- La puissance de la ligne VSUPPLY : 450mA, 5V.
- Entrée A/D : 110dBmin a (10KHZ, 50ohm, pour la longueur de 1.5m du câble).



Pin	Signal	Pin	Signal	Pin	Signal
1	ADC 1	22	Analog GND	43	DAC 1
2	ADC 2	23	Analog GND	44	DAC 2
3	ADC 3	24	Analog GND	45	DAC 3
3	ADC 4	25	Analog GND	46	DAC 4
5	XF0	26	Digital GND	47	Digital GND
6	INTEXT	27	XF1	48	TXD
7	IOP1	28	IOP0	49	RCD
8	IOP3	29	IOP2	50	CAP0
9	IOP5	30	IOP4	51	CAP1
10	IOP7	31	IOP6	52	CAP2
11	IOP9	32	IOP8	53	CAP3
12	IOP11	33	IOP10	54	CMP0
13	IOP13	34	IOP12	55	CMP1
14	IOP15	35	IOP14	56	CMP2
15	Digital GND	36	/WDTINT	57	CMP3
16	Phi90 2	37	/Phi90 2	58	TCLK1
17	Phi0 2	38	/Phi0 2	59	TCLK2
18	Index 2	39	/Index 2	60	Digital GND
19	Phi90 1	40	/Phi90 1	61	Vsupply
20	Phi0 1	41	/Phi0 1	62	Vsupply
21	Index 1	42	/Index 1		

Tableau 1 : Pins de sortie du connecteur entrée/sortie de DS1102.

Nom	Fonction
ADC 1-4	Entrées Analog du sous-système AD.
DAC 1-4	Sorties Analog du sous-système DA.
CAP 0-3	Entrées digital du DSP's esclave du sous system de capture.
CMP 0-3	Les sorties digital du DSP's esclave du sous system de comparaison
IOP 0-15	pins I/O digital du DSP's esclave, bits de sélection du port entrée/sortie
Analog GND	Ligne de retour analogique.
Digital GND	Ligne de retour digital. Intérieurement mis à terre du système
INTEXT	TMS320C31 INTO entrée d'interruption d'utilisateur.
XF0,XF1	Usage universel des pins entrée/sortie TMS320C31.
RCD	Réception de données. RS232 entrée de donnée série compatible avec le DSP esclave.
TXD	Transmission de donnée. RS232 entrée de donnée série compatible avec le DSP esclave.
WDTINT	Sortie watchdog timer du DSP-esclave.
TCLK 1,2	timer du DSP- esclave 1.2 entrée horloge.
Phi0, /Phi0	RS422 ; entrées différentielles compatibles pour la principale phase du sensor incrémental.
Phi90,/Phi90	RS422 compatible differential inputs for the lagging phase of the incremental sensor.
Index,/Index	RS422 entrées différentielles compatibles pour l'impulsion de référence d'index pour le sensor incrémental.
Vsupply	5V/200mA incrémental sensor tension d'alimentation.

Tableau II : Description des signaux du connecteur entrée/sortie.

Annexe B

Connecteurs de sorties :

➤ BNC connecteur :

Les connecteurs P1 à P8 sont des connecteurs BNC femelle, ayants leur bouclier connecté à une GND analogique Le signal de sorti de chacun de ces connecteurs est donné par le tableau suivant :

Connecteur	signal
P1	ADC 1
P2	ADC 2
P3	ADC 3
P4	ADC 4
P5	DAC 1
P6	DAC 2
P7	DAC 3
P8	DAC 4

BNC connecteur (P1...P8)

➤ connecteur entrée/sortie digitale :

Le connecteur d'entrée/sortie digital (P9) est un connecteur sub-D femelle de 37-pins ; le tableau suivant donne les signaux de sortie de chaque pin :

pin	Signal	pin	Signal
1	Digital GND	20	IPO0
2	IPO1	21	IPO2
3	IPO3	22	Digital GND
4	Digital GND	23	IPO4

5	IPO5	24	IPO6
6	IPO7	25	Digital GND
7	Digital GND	26	IPO8
8	Ipo9	27	IPO10
9	Ipo11	28	Digital GND
10	Digital GND	29	IPO12
11	IPO13	30	IPO14
12	IPO15	31	Digital GND
13	Digital GND	32	XF0
14	Digital GND	33	XF1
15	Digital GND	34	TLCK1
16	Digital GND	35	TLCK2
17	Digital GND	36	INTEXT
18	Digital GND	37	/WDTINT
19	Digital GND		

Connecteurs des pins de sortie digital I/O. (P9)

➤ le connecteur RS232 :

Le connecteur RS323 (P10) est un connecteur sub-D mal de 9-pins. Les pins de sortie sont les même que celle du connecteur RS232 du PC. Le tableau suivant donne les signaux adaptés à cette norme :

1	Non utilisé	6	Non utilisé
2	RCD	7	Non utilisé
3	TXD	8	Non utilisé
4	Non utilisé	9	Non utilisé
5	Digital GND		

Le Connecteur RS232.

➤ **Le connecteur encodeur incrémental :**

Les connecteurs encodeurs incrémental (P11) et (P12) sont des connecteurs sub-D 15-pins femelle

pin	Signal	pin	Signal
1	VSUPPLY (x)	9	Non utilisé
2	PHI0 (x)	10	Digital GND
3	/PHI0 (x)	11	Digital GND
4	PHI90 (x)	12	Digital GND
5	/PHI90 (x)	13	Digital GND
6	INDEX (x)	14	Digital GND
7	/INDEX (x)	15	Non utilisé
8	Digital GND		

Les pins du connecteur encodeur incrémental.

➤ **connecteur de capture/comparaison :**

Le connecteur capture/compare (P13) est un connecteur sub-D 15-pins mal, il fourni les signaux pour le sous-système capture/compare du Ds1102.

pin	Signal	pin	Signal
1	CAP0	9	Digital GND
2	CAP1	10	Digital GND
3	CAP2	11	Digital GND
4	CAP3	12	Digital GND
5	CMP0	13	Digital GND
6	CMP1	14	Digital GND
7	CMP2	15	Non utilisé
8	CMP3		

Les pins du connecteur capture/compare.

➤ **Les connecteurs inférieurs (P15) et (P16) :**

Les connecteurs (P15) et (P16) sont des pins équipés de latches éjecteurs et de barres de polarisation. Les deux tableaux suivants donnent les signaux de sortie de chaque pin de ces deux connecteurs :

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Analog GND	2	ADC 1
3	Analog GND	4	Analog GND
5	ADC 2	6	Analog GND
7	Analog GND	8	ADC 3
9	Analog GND	10	Analog GND
11	ADC 4	12	Analog GND
13	Analog GND	14	DAC 1
15	Analog GND	16	DAC 2
17	Analog GND	18	DAC 3
19	Analog GND	20	DAC 4
21	Analog GND	22	Digital GND
23	TXD	24	RCD
25	Analog GND	26	XF0
27	Analog GND	28	XF1
29	Analog GND	30	INTEXT
31	Analog GND	32	/WDTINT
33	Analog GND	34	TCLK1
35	Analog GND	36	TCLK2
37	Analog GND	38	Non utilisé
39	Non utilisé	40	Non utilisé

Les pins de sortie du connecteur (p15).

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Digital GND	2	IOP0
3	IOP1	4	IOP2
5	IOP3	6	Digital GND
7	CAP0	8	CAP1
9	Digital GND	10	IOP4
11	IOP5	12	IOP6
13	IOP7	14	Digital GND
15	CAP2	16	CAP3
17	Digital GND	18	IOP8
19	IOP9	20	IOP10
21	IOP11	22	Digital GND
23	CMP2	24	CMP1
25	Digital GND	26	IOP12
27	IOP13	28	IOP14
29	IOP15	30	Digital GND
31	CNP2	32	CMP3
33	Analog GND	34	/Phi90 2
35	Phi90 2	36	/Phi0 2
37	Phi0 2	38	Digital GND
39	/Index 2	40	Index 2
41	Digital GND	42	/Phi90 1
43	Phi90 1	44	/Phi0 1
45	Phi0 1	46	Digital GND
47	/Index 1	48	Index 1
49	VSUPPLY	50	VSUPPLY

Les pins du connecteur (P16).