

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaïa
Faculté de Technologie
Département ATE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Automatique

Thème

Migration d'un variateur de vitesse (SEW)
De l'ancienne version vers la nouvelle

Présenté par :

Bouabida Fares

Benkhelifa Abdelkader

Membres du jury :

Mr. Arkoub

Mr. Hadji

Promoteur : Mr F.Tafinine

Encadreur : Mr H.Hammache

promotion : 2016

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Avant propos

Présentation du complexe Cevital

1. Introduction	2
2. Présentation de Cevital	2
3. Situation géographique	2
4. Activités de Cevital	3

Chapitre I

Identification du système existant

I.1 Introduction	6
I.2 Présentation de l'unité margarine	6
I.2.1 Les différentes lignes de production	7
I.2.2 Capacité de produit par ligne et type de produit	7
I.3 Constitution des lignes de production	7
I.4 Description de l'encartonneuse SFS 374	8
I.5 Capteurs et instrumentation	10
I.5.1 Capteur photoélectrique	10
I.5.2 Détecteur de proximité	11
I.5.3 Capteur optique	12
I.5.4 Barrière infrarouge	14
I.6 Partie commande et équipement de l'armoire électrique	15
I.7 Conclusion	16

Chapitre II

Etude théorique sur les variateurs de vitesse

II.1 Introduction	17
II.2 Les variateurs de vitesse	17
II.2.1 Généralités sur les variateurs de vitesse	17
II.2.2 Principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse	18
II.2.3 Fonction des variateurs de vitesse	18
➤ L'accélération contrôlée	18
➤ La décélération contrôlée	18
➤ La variation et la régulation de vitesse	19
➤ L'inversion du sens de marche	20
➤ Le freinage d'arrêt	20
II.2.4 Constitution d'un variateur de vitesse	21
II.2.4.1 Le redresseur	21
➤ Le redresseur non commandé	21
➤ Le redresseur commandé	23
II.2.4.2 Le circuit intermédiaire	24
➤ Circuit intermédiaire à courant continu variable	25
➤ Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable.....	25
➤ Circuit intermédiaire à tension variable	26
II.2.4.3 L'onduleur	26
➤ Modes de fonctionnement de l'onduleur	28
➤ Modulation d'impulsion en amplitude	29
➤ Modulation de largeur d'impulsion (PWM)	30
II.2.4.4 Le circuit de commande	31
➤ La commande U/f scalaire	32
➤ La commande vectorielle de tension (ou de flux)	34
II.2.5 Les différents types de variateurs de vitesse	35

➤ Onduleurs en source de tension	35
➤ Onduleurs en source de courant	36
➤ Convertisseur à six pas	36
➤ Onduleurs en source de courant commutés par la charge	36
➤ Convertisseur à matrice ou cycloconvertisseur	37
➤ Convertisseur à cascade hypo-synchrone	37
II.2.6 Principaux avantages des variateurs de vitesse	38
II.2.7 Principaux inconvénients des variateurs de vitesse	38
II.3 Variateur de Vitesse MDX61B	38
II.3.1 Introduction	38
II.3.2 Codification de la plaque signalétique	39
II.3.3 Caractéristiques de l'appareil	40
II.3.4 Modes de régulation du MOVIDRIVE 61B	41
➤ Le mode Current Flux Control (CFC)	41
➤ Le mode Voltage Flux Control (VFC)	41
II.3.5 Les avantages du MOVIDRIVE 61B	42
II.4 Conclusion	42

Chapitre III

Programmation et paramétrage

III.1 Introduction	43
III.2 Raison de remplacement du variateur	43
III.3 Logiciels de programmation	43
III.3.1 MD-SHELL	44
III.3.2 MOVITOOLS	44
III.3.2.1 Introduction	44

III.3.2.2 Caractéristiques de MOVITOOLS	44
III.3.2.3 Tâches du logiciel	45
III.3.2.4 Principe de fonctionnement du logiciel	46
III.3.2.5 Modes de communication	47
III.4 Partie programmation	48
III.4.1 Introduction	48
III.4.2 Procédure de récupération de l'ancien programme	48
III.4.3 Etude du programme récupéré	49
III.4.4 Programmation du variateur MDX61B	49
III.4.5 Paramétrage du variateur	53
III.4.6 Transfert du programme dans le nouveau variateur	55
III.4.7 Schéma de branchement proposé	55
III.4.8 Essai à vide	57
III.5 Conclusion	57
Conclusion générale	58
Annexes	
Bibliographies	

Introduction Générale

Etant en fin de cycle de master en automatique à la faculté de technologie de l'université de Béjaïa, nous avons été amenés à effectuer un stage pratique pour concrétiser notre formation au sein de l'entreprise de produits agro-alimentaires Cevital.

La volonté de l'entreprise d'obtenir une chaîne de production de plus en plus sûre, devient une application indispensable pour l'amélioration de sa productivité et faire face à la concurrence. En effet, de multiples anomalies surviennent sur les variateurs de vitesse et peuvent s'avérer désastreuses. L'entreprise doit alors faire en sorte que le processus de production ne s'arrête pas et ne nuise pas à la productivité. Pour cela, elle doit contrer les problèmes rencontrés sur ces variateurs de vitesse.

L'entreprise Cevital nous a confié un travail qui consiste à faire la migration du variateur de vitesse utilisé en le remplaçant par un autre variateur plus robuste, plus évolué et qui dispose de toutes les pièces nécessaires pour la maintenance en cas de panne.

Pour cela, nous avons structuré notre travail comme suit :

En préambule, nous avons présenté l'entreprise au sein de laquelle nous avons réalisé notre stage en citant ses différentes activités.

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'unité de margarine, une description des machines présentes dans la ligne de production ainsi qu'à une étude du fonctionnement des capteurs utilisés par ces machines.

Le deuxième chapitre portera sur une étude théorique sur les variateurs de vitesse décrivant leur constitution, leur principe de fonctionnement ainsi qu'une étude sur le rôle effectué par chacun des constituants d'un variateur de vitesse.

Pour remédier aux problèmes rencontrés avec l'ancien variateur, le troisième chapitre présente la migration du variateur au niveau de la chaîne de production en programmant le nouveau variateur, en le paramétrant et en proposant un schéma électrique pour son raccordement.

Enfin, une conclusion générale résumant l'essentiel de notre travail est présentée.

Avant Propos

Présentation du complexe

Cevital

1. Introduction

Dans cette partie, nous donnons en premier temps l'évolution historique du complexe agroalimentaire Cevital, sa situation géographique, ses différentes activités industrielles, ses différents objectifs et l'organigramme de ses différentes directions.

2. Présentation de Cevital

Cevital est une société par action au capital privé de 68.760 milliards de Da. Elle a été créée en Mai 1998, elle est implantée à l'extrême Est du port de Béjaia. Elle est l'un des fleurons de l'industrie agroalimentaire en Algérie qui est constituée de plusieurs unités de production équipées de la dernière technologie et poursuit son développement par divers projets en cours de réalisation. Son expansion et son développement durant ces 5 dernières années font d'elle un important pourvoyeur d'emploi et de richesses. **Cevital food** est passée de 500 salariés en 1999 à 3152 en 2016. [1]

3. Situation géographique

Cevital se situe à l'arrière port de Béjaia à 200m du quai : ce terrain à l'origine marécageux et inconstructible a été récupéré en partie d'une décharge publique, viabilisé avec la dernière technologie des consolidations des sols par le système des colonnes ballastées (337 Km de colonnes ballastées de 18m chacune ont été réalisées) ainsi qu'une partie à gagner sur la mer. [1]

• A Béjaia

La société Cevital a entrepris la construction des installations suivantes :

- Raffinerie d'Huile.
- Margarinerie.
- Silos portuaires.
- Raffinerie de sucre.

- **A El Kseur**

Une unité de production de jus de fruits Cojek a été rachetée par le groupe Cevital dans le cadre de la privatisation des entreprises publiques algériennes en novembre 2006.

Un immense plan d'investissement a été consenti visant à moderniser l'outil de production de jus de fruits Cojek. Sa capacité de production est de 14 400 T/an. Le plan de développement de cette unité a permis d'atteindre 150 000 T/an.

- **A Agouni Gueghrane (Tizi Ouzou)**

Au Cœur du massif montagneux de Djurdjura qui culmine à plus de 1300 mètres :

- L'unité d'Eau Minérale Lalla khedidja a été inaugurée en juin 2007.

4. Activités de Cevital

Le complexe Agro-alimentaire est composé de plusieurs unités de production :

1. Raffinage d'huile.
2. Conditionnement d'huile.
3. Production de margarine.
4. Fabrication d'emballage en Polyéthylène Téréphtalate (P.E.T).
5. Raffinage de sucre.
6. stockage de céréales.
7. Minoterie en cours d'étude.
8. Savonnerie en cours d'étude.
9. Unité de trituration en cours d'étude.
10. Boissons.

1-Huiles Végétales

- Les huiles de table : elles sont connues sous les appellations suivantes : Fleurial^{plus}, Elio et Fridor.

Capacité de production : 570 000 tonnes /an.

- Part du marché national : 70%.
- Exportations vers le Maghreb et le moyen orient, en projet pour l'Europe.

2- Margarinerie et graisses végétales

Cevital produit une gamme variée de margarine riche en vitamines A, D, E. Certaines margarines sont destinées à la consommation directe telle que Matina, Rania, le beurre gourmand et Fleurial, d'autres sont spécialement produites pour les besoins de la pâtisserie moderne ou traditionnelle, à l'exemple de la parisienne et MEDINA « SMEN ».

Capacité de production : 180.000 tonnes/an, la part du marché national est de 30% sachant qu'une partie de cette production est exportée vers l'Europe, le Maghreb et le Moyen-Orient.

3-Sucre Blanc

Il est issu du raffinage du sucre roux de canne riche en saccharose. Le sucre raffiné est conditionné dans des sachets de 50Kg et aussi commercialisé en morceau dans des boîtes d'1kg.

Cevital produit aussi du sucre liquide pour les besoins de l'industrie agroalimentaire et plus précisément pour les producteurs des boissons gazeuses.

- Entrée en production 2^{ème} semestre 2009.
- Capacité de production : 650 000 tonnes/an avec extension à 1 800 000 tonnes/an.
- Part du marché national : 85%.
- Exportations : 900 000 tonnes/an.

4-Sucre liquide

Capacité de production: matière sèche : 219 000 tonnes/an.

Exportations : 25 000 tonnes/an en prospection.

5-Silos Portuaires Existant

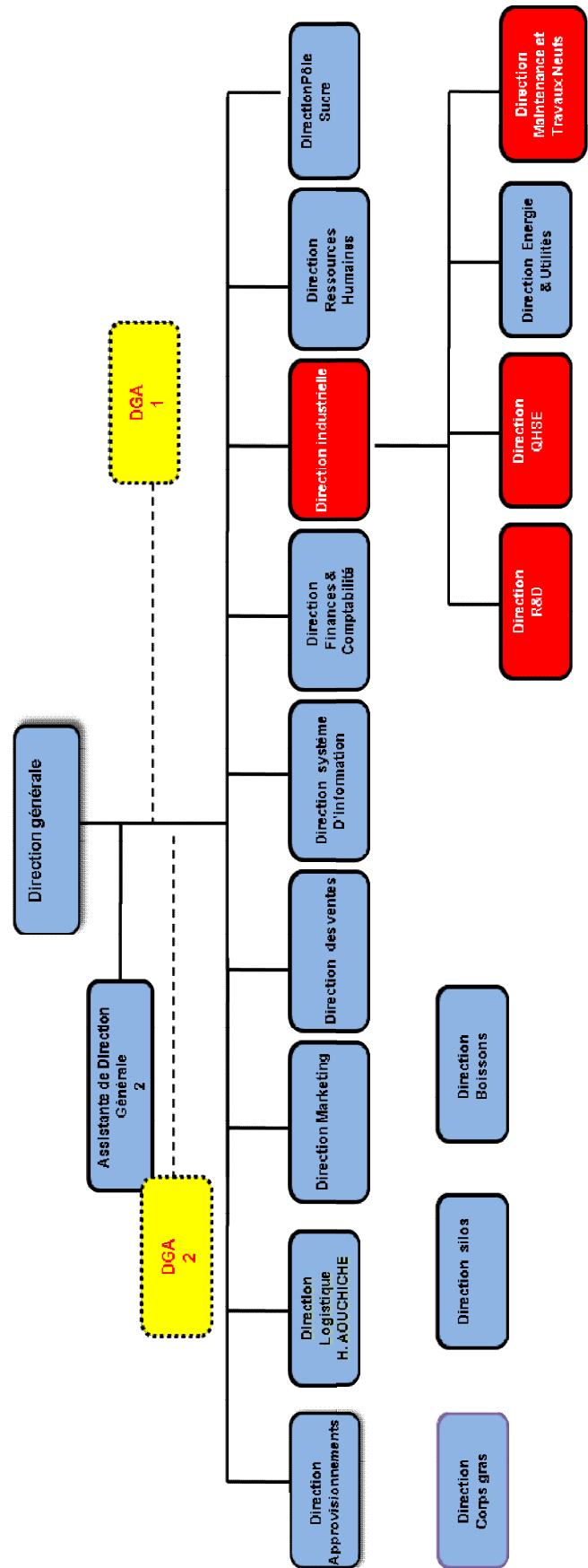
Le complexe Cevital Food dispose d'une capacité maximale 182 000 tonnes et d'un terminal de déchargement portuaire de 2000 T par heure. Un projet d'extension est en cours de réalisation. La capacité de stockage actuelle est de 120000T en 24 silos verticaux et de 50 000 T en silo horizontal.

6 -Boissons

Eau minérale, Jus de fruits, Sodas.

- Lancement de la gamme d'eau minérale « Lalla Khadîdja » et de boissons gazeuses avec capacité de production de 3 000 000 bouteilles par jour.
- Réhabilitation de l'unité de production de jus de fruits « **EL KSEUR** ».

ORGANIGRAMME GENERAL DE CEVITAL FOOD



Chapitre I

Identification du système existant

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous donnerons une présentation de l'unité de margarine, de ces différentes lignes de production ainsi que les divers systèmes de ces dernières à savoir : les remplisseuses, les empaqueteuses et les encartonneuses. En suite nous ferons une description détaillée de l'encartonneuse SFS 374, des capteurs qu'elle utilise et de l'armoire de commande.

I.2 Présentation de l'unité margarinerie

L'unité margarinerie compte un bâtiment de trois niveaux et se concentre sur la production de la margarine dans ces différentes qualités. Au deuxième étage se trouve un bureau pour l'équipe de maintenance, un bureau pour les méthodistes, un bureau pour le directeur de l'unité et le responsable de production, une salle de contrôle, un laboratoire physico-chimique avec des équipements de haute technologie (ex : RMN), un laboratoire microbiologique, des bacs de pesé et de préparation. Au premier étage se trouvent six lignes de production (bacs d'émulsion, pasteurisateurs, cristallisateurs, conditionneuses et encartonneuses), chaque ligne est indépendante des autres. Au rez-de-chaussée se fait la palettisation et le stockage de produits dans la chambre froide.



Fig. I.1 Production de margarine

I.2.1 Les différentes lignes de production

- Les lignes (1, 2, 3) sont réservées pour la production des différents types de margarine.
- Les lignes (4, 5) sont faites pour la production de SMEN et Graisses.
- La sixième ligne est destinée à la fabrication de chocolat à tartiner (projet en cours).

I.2.2 Capacité de production par ligne et type de produit

- **Ligne 1 :** MATINA 400g, RANIA 400g, FLEURIAL 500g et SMEN 500g (FLEURIAL+ 400g : projet en cours) de capacité réelle de production égale à 80T/J.
- **Ligne 2 :** Feuilletage plaquettes 500g, de capacité réelle de production de 120T/J ; MATINA et FLEURIAL (plaquettes 250g) de capacité réelle de production de 80T/J.
- **Ligne 3 :** Feuilletage de 500g de capacité réelle de production 80T/J.
- **Ligne 4 :** SMEN MEDINA (barquette de 1.8 Kg) de capacité réelle de production 80T/j.
- **Ligne 5 :** graisses végétales (SHORTENING, graisse de coco) conditionnement en cartons de 20 Kg de capacité réelle de production 120T/J.

I.3 Constitution des lignes de production

Les lignes de production sont constituées de plusieurs machines qui se présentent sous forme de :

- Les remplisseuses :
 - Hamba BK 8006M et Benhil 8270 dans la ligne 1.
 - Benhil 5000D dans la ligne 3.
 - Hamba BK 6002M dans la ligne 4.
- Les empaqueteuses :
 - Jagenberg FD 140.

L'empaqueteuse FD 140 est conçue pour la formation et empaquetage de pains de margarine. Le produit alimente la machine directement depuis le butyrateur à travers un tube et un piston de compensation. Pour un produit de consistance adéquate, la machine forme et emballe jusqu'à 140 paquets par minute.



Fig. I.2 Image de la remplisseuse / empaqueteuse

- Les encartonneuses :
 - SFS 400 dans toutes les lignes de production.
 - SFS 374 dans toutes les lignes de production.

Notre travail portera plus spécifiquement sur cette dernière machine l'encartonneuse SFS 374.

I.4 Description de l'encartonneuse SFS 374

Le servomoteur, dans le système modulaire construit Wrap-around et le back Packer type SFS 374, rapide et facilement réglable par broches, est conçue pour gérer des configurations de paquets dans une ou plusieurs couches.

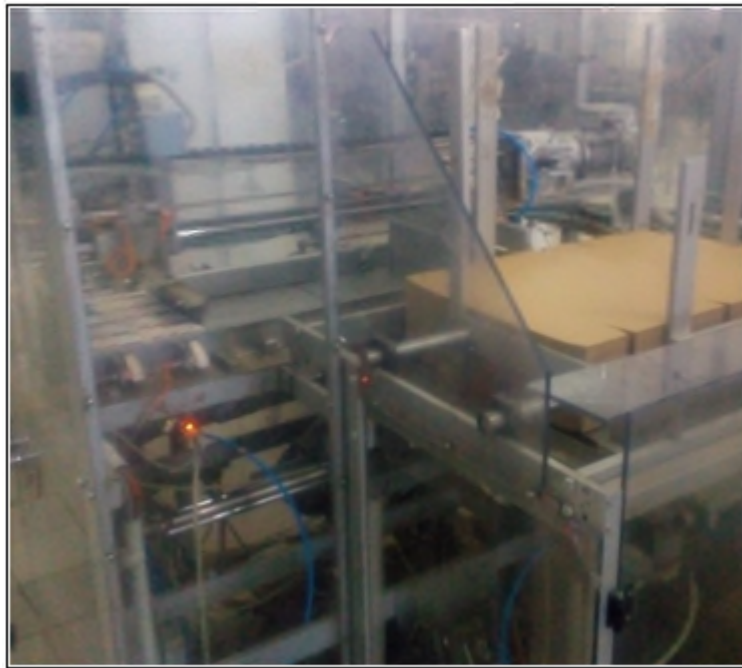


Fig. I.3 image de l'encartonneuse SFS 374

L'encartonneuse SFS 374 offre plusieurs avantages dont on cite :

- Flexibilité maximale dans un minimum de temps.
- Tous les mouvements principaux sont entraînés par des servomoteurs.
- Capacité par minute :
 - jusqu'à 24 cartons.
 - jusqu'à 28 plateaux.
 - jusqu'à 28 couches.
- La flexibilité du format final.
- Opérateur convivial exigeant un minimum d'entretien.

● Fiche technique

Nom de la machine : Emballeur Wrap-Around.

Type de la machine : SFS 374.

Courant nominal : 17.5 A.

Tension nominale : 400 V.

Tension de commande : 24 V.

Pré-dispositif de sécurité : 20 A.

Température des outils brûlants : 170 °C.

Toléré pression : 6 bar.

Coupe en travers du raccord-conduite d'air comprimé : Ø 1/2".

Charge de connexion électrique : 12.5 KW.

Consommation d'air : 30 m³/Std.

Marche d'essai chez SFS avec colle-type : Henkel Q 3101.

Poids : 2500 Kg.

Dimension d'expédition : L=3980, B=2230, H=2210.

I.5. Capteurs et instrumentation

Le système est constitué de quatre types de capteurs : capteur photoélectrique, détecteur de proximité, capteur optique, barrière infrarouge.

I.5.1. Capteur photoélectrique

Définition

Un détecteur photoélectrique (voir **Fig. I.4**) réalise la détection d'une cible qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux. Il se compose essentiellement d'un émetteur de lumière (diode électroluminescente) associé à un récepteur photosensible (phototransistor). [7] La détection est effectuée quand l'objet pénètre dans le faisceau lumineux et modifie la qualité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie. Il est réalisé selon deux procédés :

- Blocage du faisceau par la cible.
- Renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

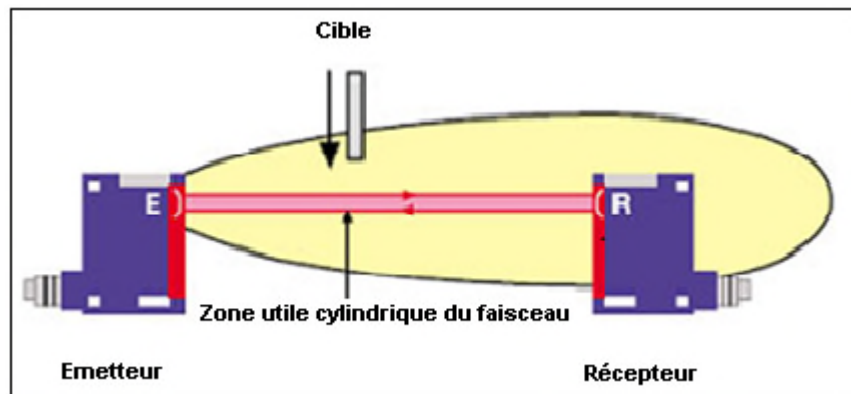


Fig. I.4 Capteur photoélectrique (isolé par rapport à l'environnement)

Avantages

- pas de contact physique avec l'objet détecté.
- Détection d'objets de toutes formes et de matériaux de toutes natures.
- Détection à très grande distance.
- Sortie statique pour la rapidité de réponse ou sortie à relais pour la commutation de charge.
- Généralement en lumière infrarouge invisible, indépendante des conditions d'environnement.

Utilisation

- Détection d'objets et de produits dans la manutention et le convoyage.
- Détection de pièces dans le secteur de la robotique.
- Détection de personnes dans le secteur des ascenseurs.

I.5.2. Détecteur de proximité

Définition

Le détecteur de proximité (voir **Fig. I.5**) est réservé à la détection sans contact avec l'objet, ce dernier est donc à proximité du capteur, mais pas en contact.

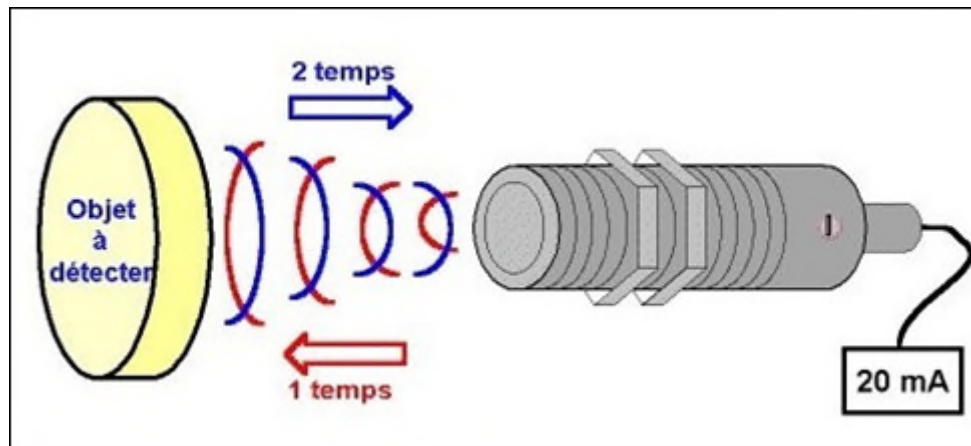


Fig. I.5 Détecteur de proximité

Avantages

- Pas de contact physique avec l'objet à détecter : possibilité donc de détecter des objets fragiles.
- Détecteur statique, pas de pièce en mouvement.
- Produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche).
- Très bonne tenue à l'environnement industriel.

Utilisation

Ce type de détecteurs se rencontre dans le secteur de la machine-outil, agroalimentaire et le domaine d'application de l'usinage.

I.5.3. Capteur optique

Définition

Un capteur optique (voir **Fig. I.6**) est un dispositif (détecteur) qui transforme la lumière qu'il absorbe en une grandeur mesurable généralement un courant électrique ou une tension.

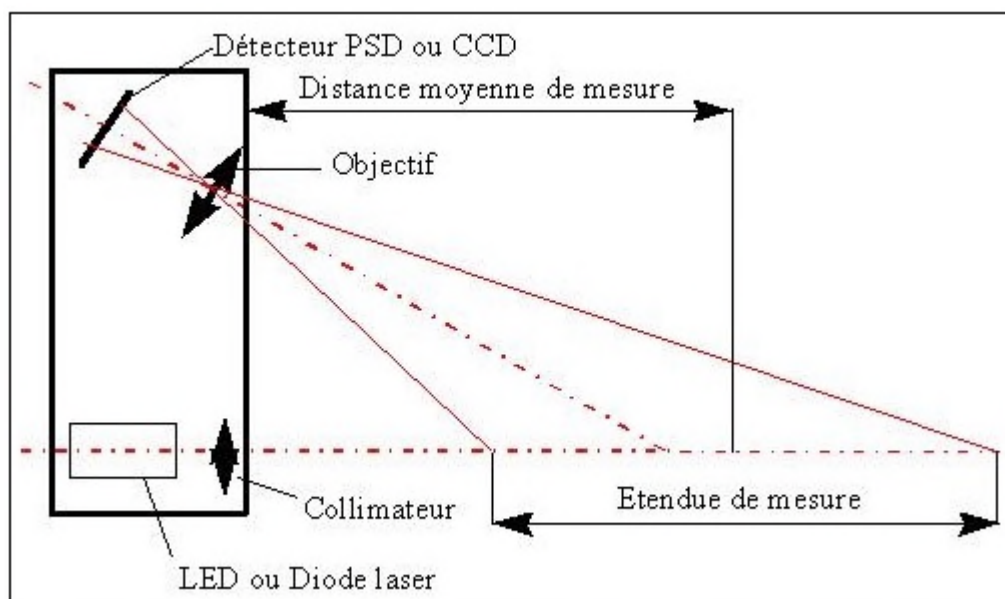


Fig. I.6 Schéma de fonctionnement d'un capteur optique

- **PSD** : Une cellule PSD (**P**osition **S**ensitive **D**etector) est un capteur permettant de délivrer sous forme de courant, deux informations : la position du spot lumineux qui l'éclaire et l'intensité de ce spot.
- **CCD** : Un capteur CCD (**C**harge-**C**oupled **D**evice) transforme les photons lumineux qu'il reçoit en paire électron-trou par effet photoélectrique, puis collecte les électrons dans le puits de potentiel maintenu au niveau de chaque photosite. Le nombre d'électrons collecté est proportionnel à la quantité de lumière reçue.

Avantages

- Plus grande sensibilité et plus grande dynamique que les capteurs traditionnels.
- Grande souplesse de configuration géométrique.
- Isolation électrique entre le processus et l'instrumentation.
- Sécurité intrinsèque liée aux faibles intensités mises en jeu dans les fibres.

Utilisation

Ils sont utilisés dans des domaines aussi divers que la photographie, l'imagerie spatiale, la reconnaissance de formes, la mesure de déplacement et de déformation à distance.

I.5.4. Barrière infrarouge

Définition

Une barrière infrarouge (voir **Fig. 1.7**) est constituée d'un émetteur permettant d'obtenir un faisceau infrarouge et d'un récepteur permettant de contrôler la présence ou l'absence de ce faisceau. Lorsqu'il est interrompu l'émetteur envoie un signal à un système.

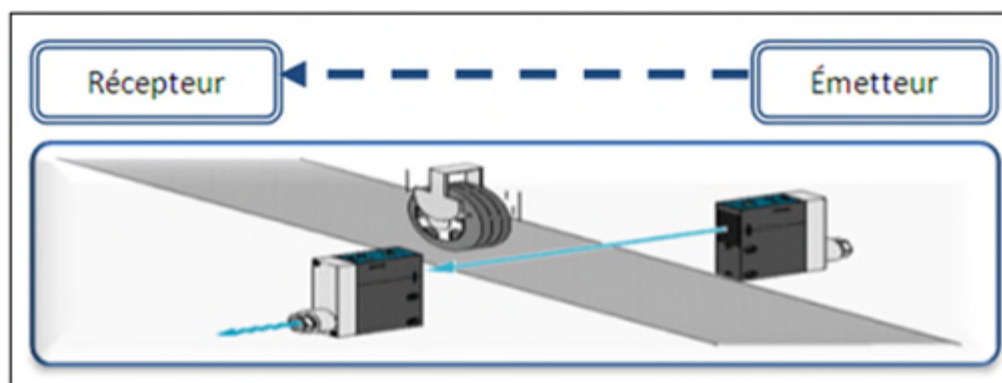


Fig. 1.7 Barrière infrarouge

Avantages

- Installation facile.
- Insensibilité à l'environnement.
- Immunité contre la lumière.
- Étanchéité totale.
- Résistance aux chocs et aux vibrations.

Utilisation

Elles sont utilisées généralement dans le domaine de la protection et la détection d'objets.

I.6. Partie commande et équipements de l'armoire électrique

Elle est utilisée pour surveiller les différents éléments de la machine par un afficheur, et des boutons poussoirs de différents usages tel que : bouton marche, bouton d'arrêt ... etc.

Elle regroupe l'ensemble des composants électriques propres au fonctionnement, ces éléments sont :

- Interrupteur principal.
- Interrupteur de secours.
- Des fusibles.
- Des disjoncteurs.
- Des contacteurs de puissance.
- Un automate gérant l'ensemble de la procédure de démarrage et de marche/arrêt.
- Des relais permettant la commande des équipements.
- Une sirène mis en fonctionnement lors de l'apparition d'une alarme.
- Des bornes de connexion.
- Un terminal de communication pour les dialogues homme-machine (pupitre de commande) pour le fonctionnement, le dépannage, les réglages et la maintenance. Il peut entre outre :
 - Afficher les épates, les alarmes et les défauts.
 - Afficher la mise en marche/arrêt.
- Des variateurs de vitesse de marque « **SEW** ».



Fig. I.8 Image de l'armoire de commande

Notre travail portera principalement sur un de ces variateurs de vitesse. Où on remplacera le variateur existant par un autre variateur de même marque mais de version plus évoluée.

I.7 Conclusion

Nous avons passé en revue l'unité de margarine et ces différentes lignes de production et présenté les divers systèmes de ces dernières tels que : les remplisseuses, les empaqueteuses et les encartonneuses qui sont les dernières de ces lignes. La vitesse de ces machines est contrôlée par des variateurs de vitesse de marque « **SEW** », qui vont être développés dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Etude théorique sur les variateurs de vitesse

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous commencerons par une description détaillée des variateurs de vitesse, leur principe de fonctionnement, les différents éléments qui composent un variateur de vitesse, les différents types des variateurs de vitesse ainsi que les avantages et les inconvénients liés à leur utilisation.

On finira par présenter le variateur de vitesse **SEW MDX61B0015-5A3-4-00** sur lequel portera l'essentiel de notre travail.

II.2 Les variateurs de vitesse

II.2.1 Généralités sur les variateurs de vitesse

Un variateur de vitesse est un équipement permettant de faire varier la vitesse d'un moteur, une nécessité pour de nombreux procédés industriels.

En effet, la plupart des moteurs tournent à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements de procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécaniques. Aujourd'hui, on fait surtout appel à des variateurs de vitesse électroniques.

Pour les procédés industriels exigeant une régulation précise de la vitesse, on a d'abord utilisé des moteurs à courant continu (CC) commandés par des variateurs électroniques à semi-conducteurs. Cette technique consistait à faire varier la vitesse proportionnellement à la tension. Etant donné la complexité de l'entretien des moteurs CC, les applications récentes n'utilisent que rarement ce système.

Dans les premiers variateurs de vitesse électroniques à courant continu, le dispositif de commande utilisé était le thyristor, un dispositif vulnérable aux perturbations du réseau électrique.

Depuis, l'électronique de puissance a fait des progrès considérables et on installe de plus en plus des variateurs de vitesse à fréquence variable avec des moteurs à courant alternatif. Ces variateurs de vitesse exploitent le plus souvent la modulation de largeur d'impulsion (**MLI**) et les transistors bipolaires à grille isolée (**IGBT**) [2].

II.2.2 Principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse

Un variateur de vitesse permet de faire varier la vitesse des moteurs asynchrones qui, de conception, ont une vitesse de rotation constante. La variation de vitesse est obtenue en faisant varier la fréquence de la tension d'alimentation du moteur.

II.2.3 Fonction des variateurs de vitesse

Parmi la multitude de possibilités de fonctions qu'offrent les variateurs de vitesse actuels, on citera : [4]

- l'accélération contrôlée,
- la décélération contrôlée,
- la variation et la régulation de vitesse,
- l'inversion du sens de marche,
- le freinage d'arrêt.

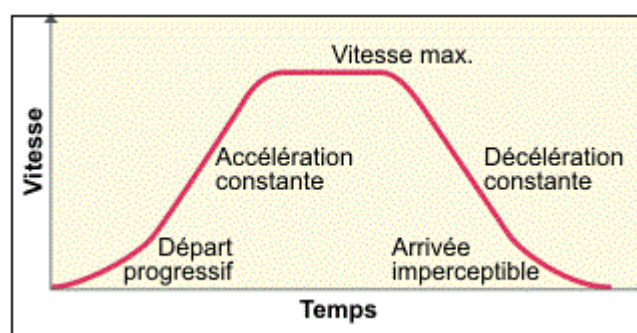


Fig. II.1 Allure de la variation de vitesse

➤ L'accélération contrôlée

Le profil de la courbe de démarrage d'un moteur d'ascenseur est avant tout lié au confort des utilisateurs dans la cabine. Il peut être soit linéaire ou en forme de "s". Ce profil ou "rampe" est la plupart du temps ajustable en permettant de choisir le temps de mise en vitesse de l'ascenseur.

➤ **La décélération contrôlée**

Les variateurs de vitesse permettent une décélération contrôlée sur le même principe que l'accélération. Dans le cas des ascenseurs, cette fonction est capitale dans sens où l'on ne peut pas se permettre de simplement mettre le moteur hors tension et d'attendre son arrêt complet suivant l'importance du couple résistant (le poids du système cabine/contrepoids varie en permanence); Il faut impérativement contrôler le confort et la sécurité des utilisateurs par le respect d'une décélération supportable, d'une mise à niveau correcte. On distingue, au niveau du variateur de vitesse deux types de freinage :

- En cas de décélération désirée plus importante que la décélération naturelle, le freinage peut être électrique soit par renvoi d'énergie au réseau d'alimentation, soit par dissipation de l'énergie dans un système de freinage statique.
- En cas de décélération désirée moins importante que la décélération naturelle, le moteur peut développer un couple moteur supérieur au couple résistant de l'ascenseur et continuer à entraîner la cabine jusqu'à l'arrêt.

➤ **La variation et la régulation de vitesse**

Parmi les fonctionnements classiques des variateurs de vitesse, on distingue :

- La variation de vitesse proprement dite où la vitesse du moteur est définie par une consigne d'entrée (tension ou courant) sans tenir compte de la valeur réelle de la vitesse du moteur qui peut varier en fonction de la charge, de la tension d'alimentation, ... On est en boucle "ouverte" (pas de feedback).

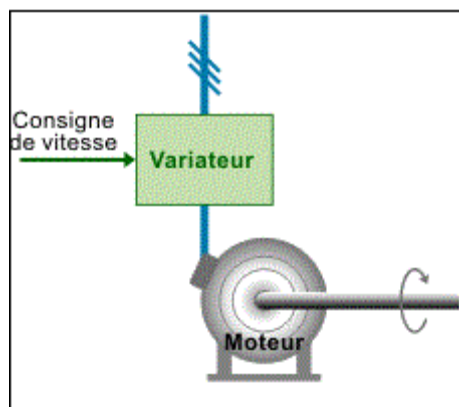


Fig. II.2 Régulation en boucle ouverte

- La régulation de vitesse où la consigne de la vitesse du moteur est corrigée en fonction d'une mesure réelle de la vitesse à l'arbre du moteur introduite dans un comparateur. La consigne et la valeur réelle de la vitesse sont comparées, la différence éventuelle étant corrigée. On est en boucle "fermée".

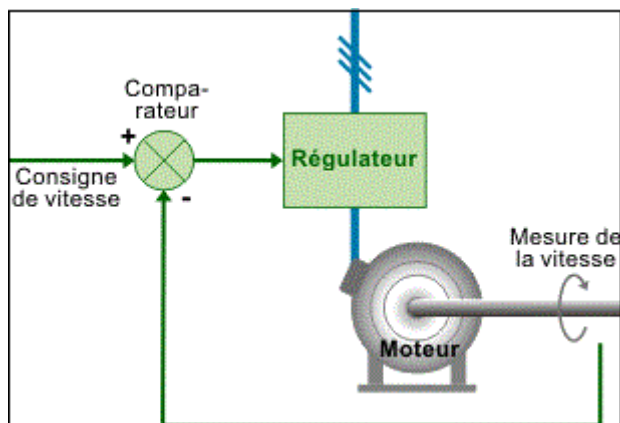


Fig. II.3 Régulation en boucle fermée

➤ L'inversion du sens de marche

Sur la plupart des variateurs de vitesse, il est possible d'inverser automatiquement le sens de marche. L'inversion de l'ordre des phases d'alimentation du moteur de l'ascenseur s'effectue :

- soit par inversion de la consigne d'entrée,
- soit par un ordre logique sur une borne,
- soit par une information transmise par une connexion à un réseau de gestion.

➤ Le freinage d'arrêt

C'est un freinage de sécurité pour les ascenseurs :

- Avec des moteurs asynchrones, le variateur de vitesse est capable d'injecter du courant continu au niveau des enroulements statoriques et par conséquent stopper instantanément le champ tournant; la dissipation de l'énergie mécanique s'effectuant au niveau du rotor du moteur (danger d'échauffement important).

- Avec des moteurs à courant continu, le freinage s'effectue au moyen d'une résistance connectée sur l'induit de la machine.

II.2.4 Constitution d'un variateur de vitesse

Les variateurs de vitesse sont composés essentiellement d'un redresseur, un circuit intermédiaire et un onduleur comme illustré dans la figure ci-dessous : [3]

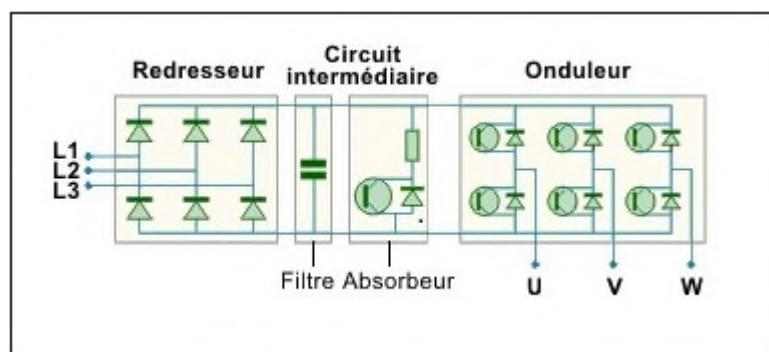


Fig. II.4 Schéma d'un variateur de vitesse

II.2.4.1 Le redresseur

La fonction du redresseur au sein du variateur de vitesse est de transformer la tension triphasée alternative en tension continue monophasée. Cette opération se réalise par l'utilisation :

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

➤ Le redresseur non commandé

Comme le montre la figure ci-dessous, des deux alternances d'une tension monophasée alternative (positive et négative), seul l'alternance positive passe à travers les diodes entre les électrodes couramment appelées « anode » et « cathode » ; on dit que la diode est passante.

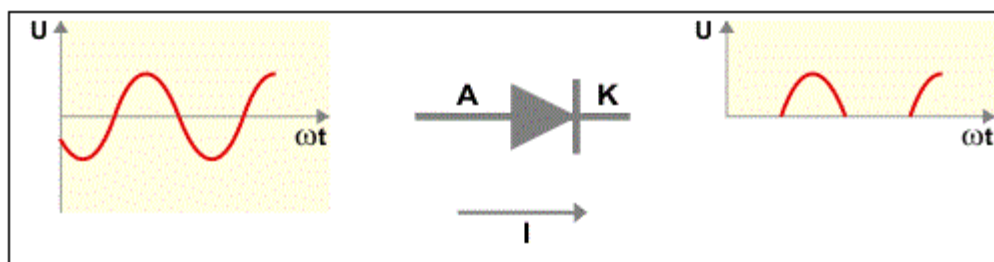


Fig. II.5 Fonctionnement de la diode.

Pour obtenir une tension continue à la sortie du redresseur, il est nécessaire de trouver un système qui permette d'exploiter les deux alternances ; c'est le pont de diodes.

Dans un redresseur triphasé non-commandé, le pont de diodes permet, comme la montre la figure ci-dessous, de générer une tension continue en redressant l'alternance négative de chacune des trois tensions composées. On voit que la tension de sortie n'est pas tout à fait continue et comporte une ondulation résiduelle.

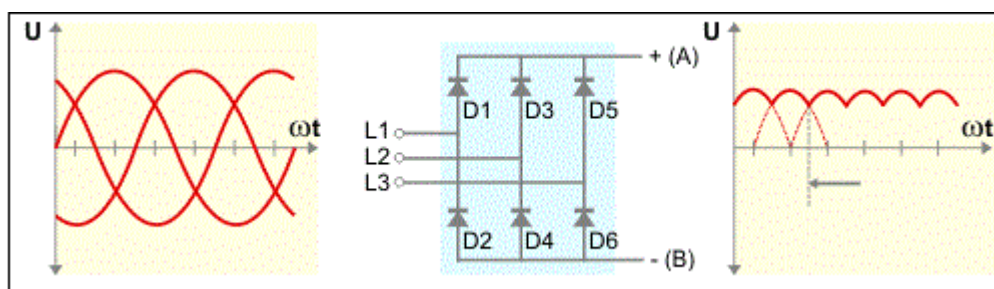


Fig. II.6 Redresseur non commandé.

La tension à ondulation résiduelle sortant du redresseur a une valeur moyenne de l'ordre de 1.35 fois la tension du réseau.

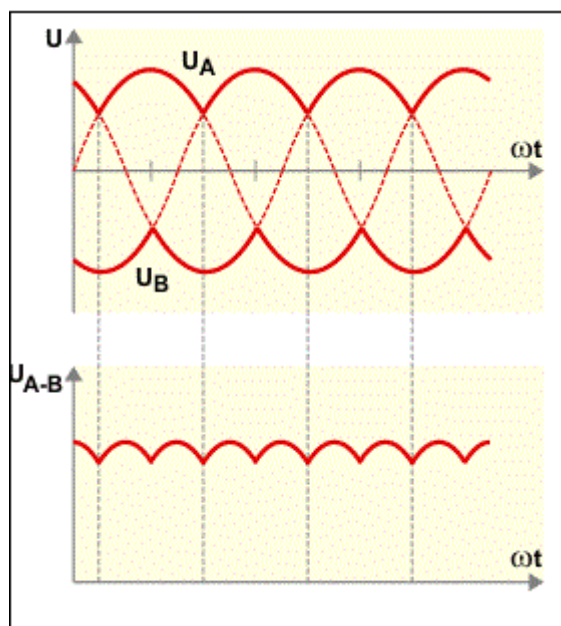


Fig. II.7 Tension à ondulation résiduelle.

➤ Le redresseur commandé

Dans le redressement commandé, la diode est remplacée par le thyristor qui possède la particularité de pouvoir contrôler le moment où il deviendra « passant » dans l'alternance positive. C'est la troisième électrode appelée gâchette, qui, lorsqu'elle est alimentée sur commande par la régulation du redresseur, devient conductrice. Tout comme la diode, le thyristor est « bloquant » durant l'alternance négative.

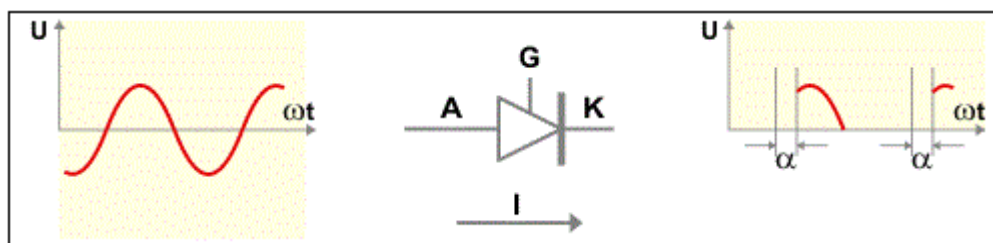


Fig. II.8 Fonctionnement du thyristor.

On voit tout de suite l'intérêt du thyristor par rapport à la diode : on peut faire varier la valeur de la tension moyenne de sortie en contrôlant le moment où l'impulsion sera donnée sur la gâchette pour rendre le thyristor passant.

Dans un redresseur triphasé commandé, le pont de thyristors permet, comme le montre la figure ci-dessous :

- De générer une tension continue en redressant l'alternance négative de chacune des trois tensions composées. On voit que la tension de sortie n'est pas tout à fait continue et comporte une ondulation résiduelle.
- De faire varier le niveau de tension moyenne à la sortie du redresseur.

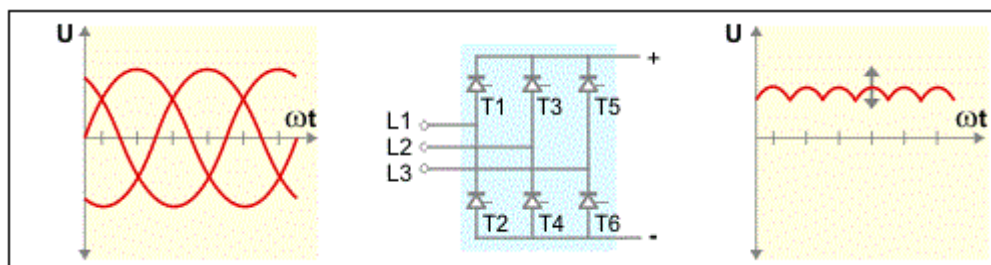


Fig. II.9 Redresseurs commandés.

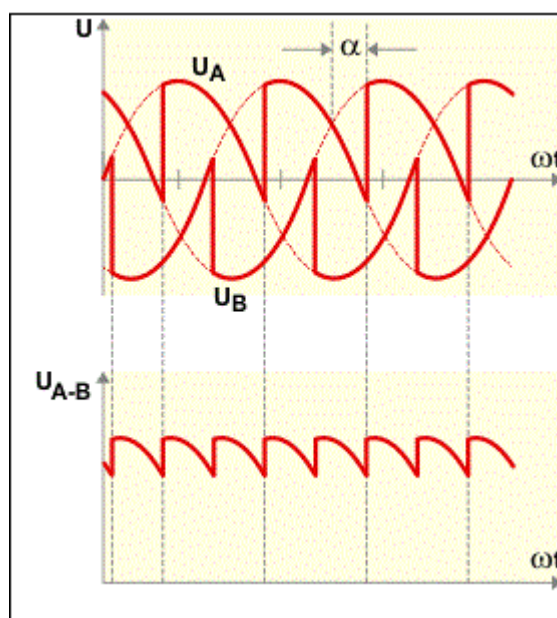


Fig. II.10 Tension de sortie du redresseur.

II.2.4.2 Le circuit intermédiaire

Ce circuit joue plusieurs rôles suivant les options prises sur le type de variateur dont principalement le lissage en courant ou en tension du signal de sortie du redresseur et le contrôle du niveau de tension ou de courant d'attaque de l'onduleur. Il peut aussi servir à :

- Découpler le redresseur de l'onduleur.
- Réduire les harmoniques.

- Stocker l'énergie due aux pointes intermittentes de charge.

On différencie le circuit intermédiaire à :

- A courant continu variable lorsque le redresseur est commandé (variation de la tension de sortie du redresseur).
- A tension continue variable ou constante lorsque le redresseur est respectivement commandé ou pas.
- A tension variable lorsque le redresseur est non commandé.

➤ **Circuit intermédiaire à courant continu variable**

Ce type de circuit intermédiaire caractérise les variateurs à source de courant. Il est composé d'une bobine (ou self) de lissage « passe bas » (filtrage de basses fréquences) permettant de réduire l'ondulation résiduelle. En d'autres termes la bobine transforme la tension de sortie du redresseur à ondulation résiduelle en un courant continu.



Fig. II.11 Circuit intermédiaire à courant continu variable

➤ **Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable**

Ce type de circuit intermédiaire caractérise les valeurs à source de tension. Il est composé d'une bobine de lissage « passe bas » (filtrage des basses fréquences) et d'un condensateur « passe haut » (filtrage des hautes fréquences) permettant de réduire l'ondulation résiduelle.

Pour un redresseur commandé, le circuit intermédiaire transforme la tension de sortie à ondulation résiduelle du redresseur en tension continue d'amplitude variable.

Pour un redresseur non-commandé, la tension à l'entrée de l'onduleur est une tension continue dont l'amplitude est constante.

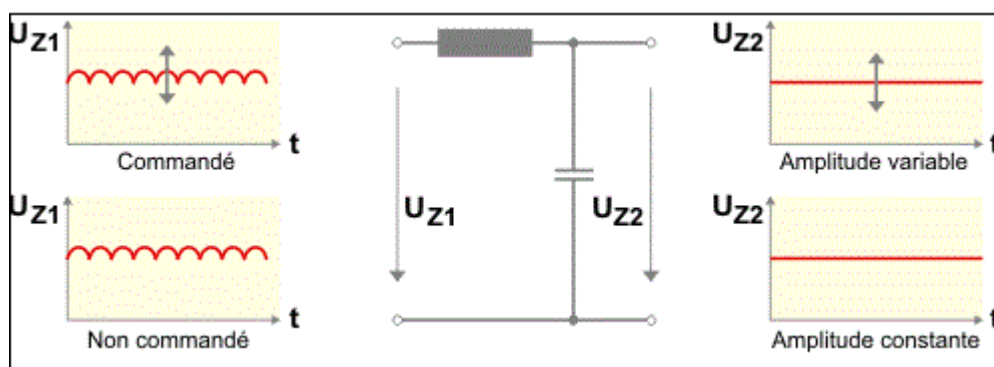


Fig. II.12 Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable

➤ **Circuit intermédiaire à tension variable**

A l'entrée du filtre est ajouté un hacheur composé d'un transistor et une diode « roue libre ». Dans ce cas, le circuit intermédiaire transforme la tension continue de sortie du redresseur à ondulation résiduelle en une tension carrée lissée par le filtre. Il en résulte la création d'une tension variable suivant que le pilote du hacheur rende le transistor « passant » ou pas.

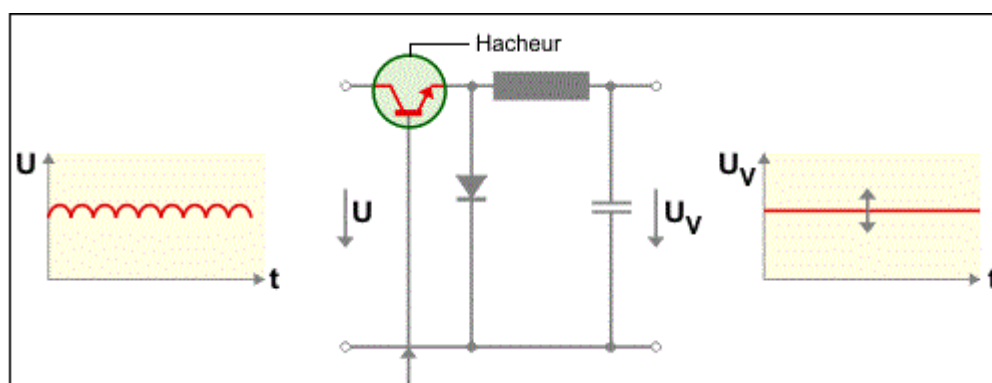


Fig. II.13 Circuit intermédiaire à tension variable

II.2.4.3 L'onduleur

L'onduleur constitue la dernière partie du variateur de vitesse dans le circuit puissance. Alimenté à partir du circuit intermédiaire par :

- Une tension continue variable ou constante,

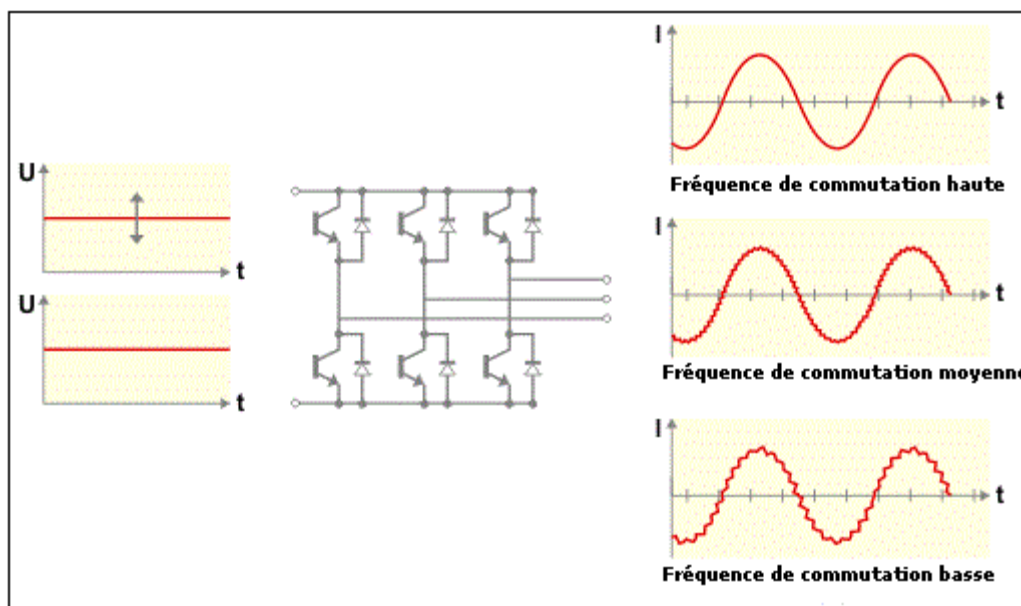


Fig. II.14 Onduleur pour tension intermédiaire variable ou continue

- un courant continu variable,

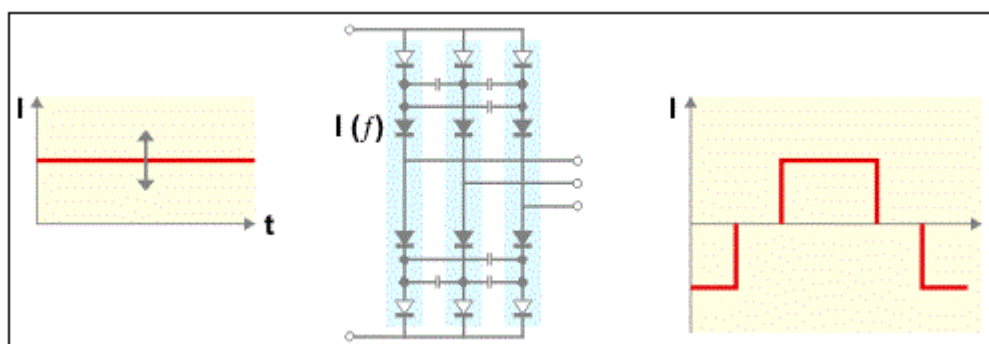


Fig. II.15 Onduleur pour courant intermédiaire continu variable

L'onduleur fournit au moteur une grandeur variable en tension ou en fréquence ou les deux en même temps suivant le cas. En effet, une alimentation de l'onduleur :

- En tension ou en courant continue variable, lui permet de réguler la vitesse du moteur en fréquence.
- En tension continue constante, lui impose de réguler la vitesse du moteur en tension et en fréquence.

Bien que les fonctionnements des onduleurs soient différents, la technologie reste plus ou moins identique. Pour une raison de souplesse de commande en

fréquence, les onduleurs sont maintenant équipés de transistors haute fréquence plutôt que de thyristors. Ce type de transistor de puissance peut être allumé et éteint très rapidement et, par conséquent, couvrir une large plage de fréquence (entre 300 Hz et 20 kHz).

➤ **Modes de fonctionnement de l'onduleur**

On distingue plusieurs modes de fonctionnement des onduleurs en fonction principalement du signal de sortie du circuit intermédiaire : [5]

- **Le fonctionnement en modulation d'impulsion en amplitude (PAM : Pulse Amplitude Modulation)**

Utilisé dans le cas de variateur de vitesse à tension intermédiaire variable. Dans les variateurs de vitesse avec redresseur non commandé, l'amplitude de la tension de sortie est engendrée par le hacheur du circuit intermédiaire tandis qu'avec redresseur commandé, l'amplitude est engendrée directement.

La **PAM** (MIA) est une méthode de pilotage de l'onduleur qui utilise la tension où le courant variable du circuit intermédiaire.

Les intervalles pendant lesquelles chaque semi-conducteur conduit sont programmés selon une séquence qui permet de tenir la séquence de sortie désirée.

Les séquences de commutation des semi-conducteurs est commandée par la valeur de la tension où de courant variable provenant du circuit intermédiaire. Un oscillateur commandé en tension engendre toujours une fréquence qui suit l'amplitude de la tension.

- **Le fonctionnement en modulation de largeur d'impulsion (PWM : Pulse Width Modulation)**

La méthode **PWM** (MLI) qui modifie la largeur des impulsions de tension est la technique de commande de l'onduleur le plus répandu pour engendrer une tension triphasée avec une fréquence correspondante, elle utilise une tension intermédiaire

fixe. La tension du moteur est rendue variable en appliquant aux enroulements du moteur, pendant un temps variable, la tension du circuit intermédiaire.

Il existe de très nombreuses possibilités de réalisation, à savoir la technique MLI sinusoïdale analogique et numérique :

- **La technique analogique :** utilisée sur les réalisations industrielles les plus anciennes. Elle consiste à générer : une onde sinusoïdale de référence par phase dont l'amplitude et la fréquence représente la tension de sortie, et une onde de modulation de fréquence élevée de forme triangulaire. Les transistors de puissance sont commandés aux instants d'intersection de ces deux ondes, instants déterminés par des comparateurs.
- **La technique numérique :** l'apparition des microprocesseurs a permis de transposer le principe décrit précédemment en technique numérique. La modulation, entièrement réalisée par le microprocesseur, consiste à commander les transistors avec un motif de base auquel on superpose une modulation à haute fréquence réalisant la variation de tension.

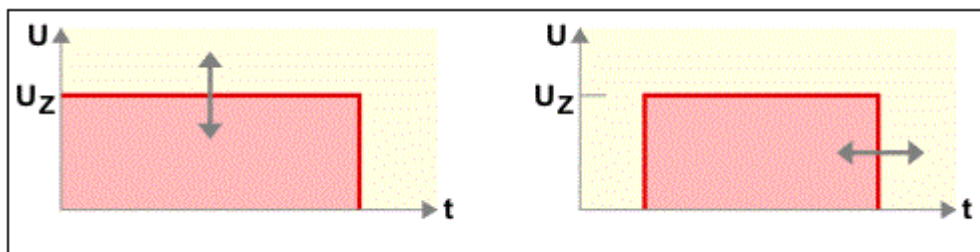


Fig. II.16 Mode de modulation en amplitude ou en largeur d'impulsion

➤ Modulation d'impulsion en amplitude

Ce type de modulation est utilisé lorsque le variateur de vitesse est à tension intermédiaire variable.

Comme on l'a vu dans le circuit intermédiaire :

- Pour les variateurs avec redresseurs non-commandés, un hacheur est nécessaire pour générer une tension variable au niveau de l'onduleur.
- Pour les variateurs avec redresseurs commandés, la variation de l'amplitude de la tension est générée par le redresseur lui-même.

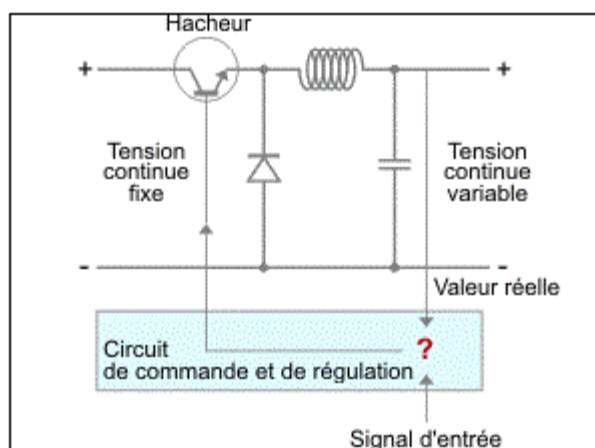


Fig. II.17 Circuit intermédiaire à tension variable par le hacheur

Quelque soit le système, l'onduleur reçoit à son entrée une tension continue variable en amplitude. Dans ce cas, l'onduleur, lui, ne fait varier que la fréquence d'allumage et d'extinction des thyristors où des transistors en fonction du niveau de la tension d'entrée pour recréer une tension sinusoïdale (dans le cas d'un moteur à courant alternatif).

➤ Modulation de largeur d'impulsion (PWM)

Ce type de modulation est souvent utilisé pour générer une tension triphasée à fréquence et tension variable.

Il existe trois manières de générer la commutation des thyristors où des transistors de puissance :

- PWM à commande par sinusoïde,
- PWM synchrone pour limiter les harmoniques,
- PWM asynchrone pour améliorer la réaction du moteur à toute modification rapide de la commande du variateur de fréquence.

Dans un souci de clarté, seule la PWM à commande par sinusoïde est expliquée ci-dessous :

Le principe de commande de l'onduleur réside dans l'utilisation d'un comparateur de tension. Ce comparateur superpose à trois tensions sinusoïdales de référence une tension de forme triangulaire. La fréquence des trois sinusoïdes de référence

correspond à celles des tensions souhaitées à la sortie de l'onduleur. Les intersections entre les sinusoïdes et l'onde triangulaire détermine l'allumage où l'extinction des thyristors (où des transistors de puissance) selon le cas. Il en résulte un temps d'impulsion « passante » où « non-passante » variable reconstituant un courant sinusoïdal en sortie du variateur de vitesse. [8]

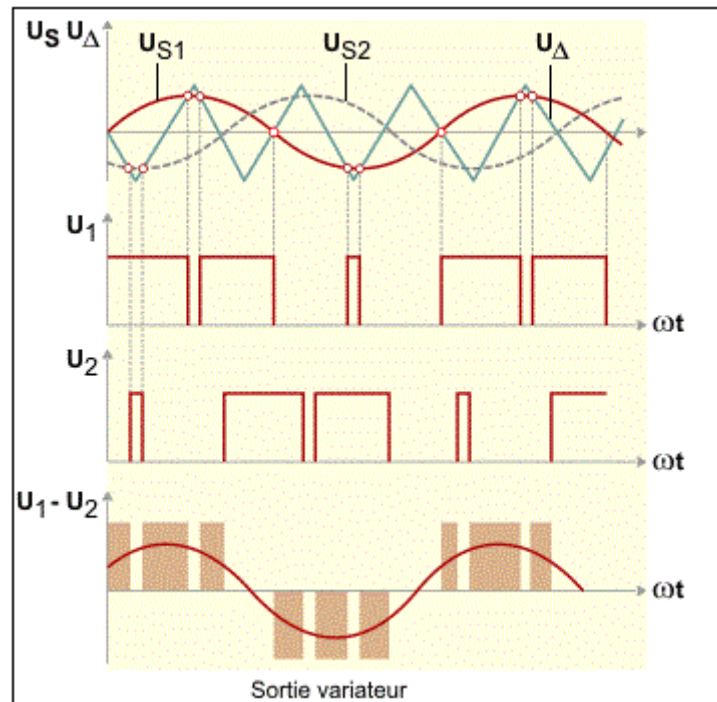


Fig. II.18 Principe PWM à commande par sinusoïde

II.2.4.4 Le circuit de commande

Le circuit de commande ne fait pas partie du circuit puissance du variateur de vitesse. Ce circuit doit garantir quatre fonctions essentielles :

- La commande des semi-conducteurs du variateur de vitesse.
- L'échange d'informations de commande, de régulation et d'analyse avec les périphériques.
- Le contrôle des défauts (interprétation et affichage).
- La protection du variateur de vitesse et du moteur.

La venue des microprocesseurs a permis d'accroître la vitesse d'exécution des informations de commande et de régulation du circuit de commande vis à vis des autres circuits (circuit intermédiaire, onduleur, ...).

Le circuit de commande est donc en mesure de déterminer le schéma optimum d'impulsions des semi-conducteurs pour chaque état de fonctionnement du moteur par rapport à la charge, au réseau, aux consignes de commande, ...

La régulation de vitesse de moteurs triphasés à courant alternatif évolue selon deux principes de commandes différents :

- la commande U/f (Scalaire),
- la commande vectorielle de flux (VVC : Voltage Vector Control).

Ces principes déterminent la manière de programmation des algorithmes de commande et de régulation des variateurs de vitesses. Les deux méthodes présentent des avantages en fonction des exigences spécifiques des performances (couple, vitesse, ...) et de la précision de l'entraînement.

➤ **La commande U/f (scalaire)**

La commande U/f se base sur la mesure de grandeurs scalaires (valeurs d'amplitude en tension et en fréquence). C'est le système de commande de base des variateurs de fréquence standards.

Afin de garder un flux constant dans le moteur et donc aussi une variation de vitesse à couple constant la tension et la fréquence varient proportionnellement jusqu'à la fréquence nominale du moteur (50 Hz). Lorsque la tension nominale est atteinte, la tension ne sachant plus augmenter, il est toujours possible d'augmenter la fréquence; dans ce cas la variation se fait à puissance constante, le couple diminue avec la vitesse. Ce mode de fonctionnement est intéressant pour des charges à couple constant tels que les ascenseurs. En effet, le couple moteur "colle" mieux au profil du couple résistant; ce qui signifie que les consommations qui en découlent sont moindres.

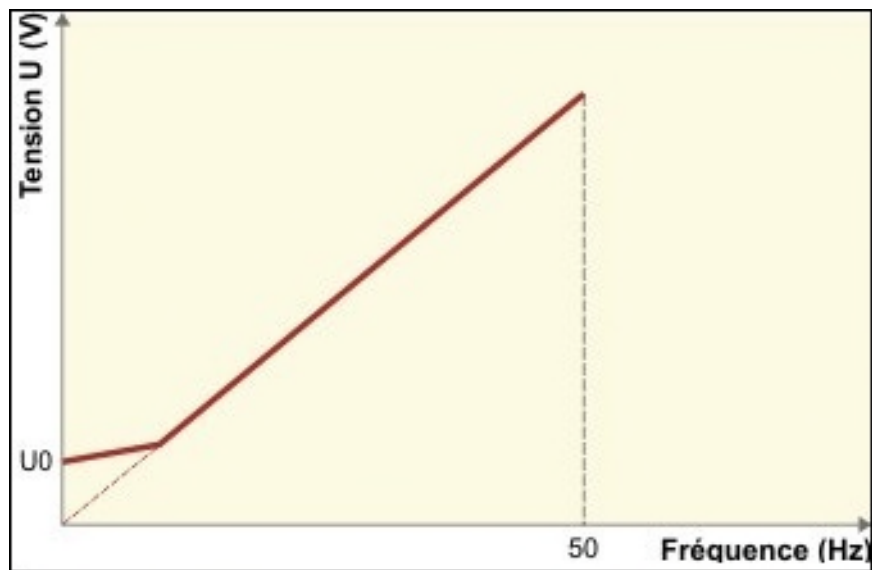


Fig. II.19 Fonctionnement U/F constant

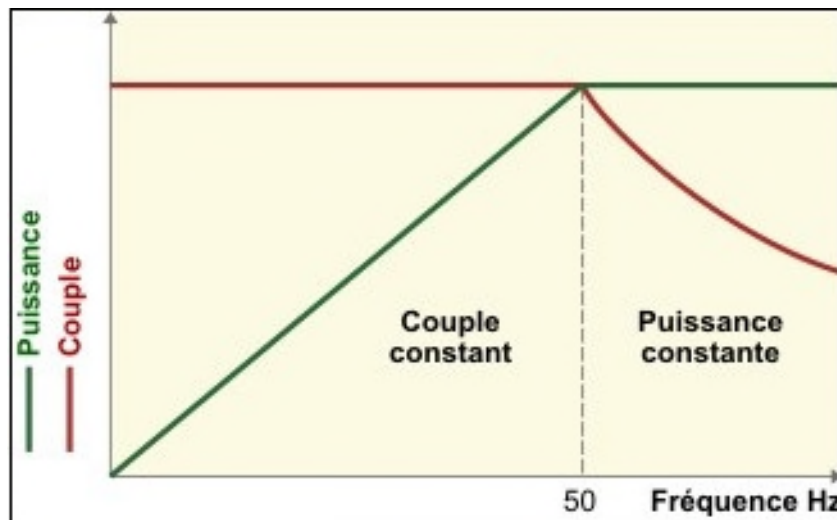


Fig. II.20 Fonctionnement à couple constant sous une fréquence de 50HZ

La figure ci-dessous montre les profils des courbes du couple en fonction de la vitesse pour différents rapports U/F :

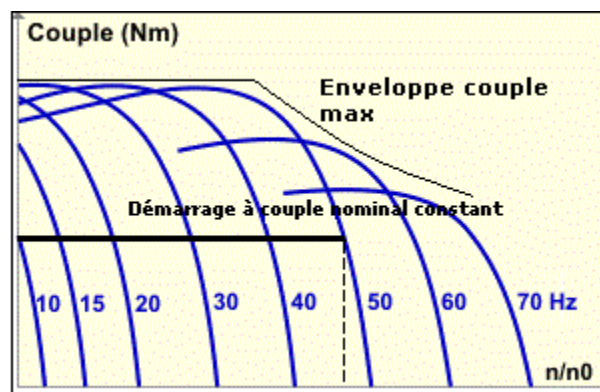


Fig. II.21 Fonctionnement à couple constant

La commande U/F a les avantages et les inconvénients suivants :

Avantages

- Facilité d'adaptation de variateur de vitesse au moteur.
- Supporte aisément les variations de charge dans toute la plage de vitesse.
- Le couple moteur reste plus ou moins constant en fonction de la vitesse.

Inconvénients

- Plage de régulation de la vitesse limitée à 1/20.
- A faible vitesse, pas de compensation par rapport au glissement et à la gestion de la charge.

➤ La commande vectorielle de tension (ou de flux)

Pour ce type de commande, il est nécessaire de fournir des indications précises sur les paramètres du moteur (encodage de la plaque signalétique).

La commande vectorielle en tension (VVC : Voltage Vector Control) agit selon le principe de calcul de la magnétisation optimale du moteur à différentes charges à l'aide de paramètres de compensation permettant de contrôler le glissement et la charge du moteur.

Comme son nom l'indique, la commande vectorielle en tension travaille avec les vecteurs de tension à vide et de compensation par rapport à la variation de la charge.

La commande vectorielle à champ orienté travaille avec les valeurs des courants actifs, de magnétisation (flux) et du couple. Par un modèle mathématique

approprié, il est possible de déterminer le couple nécessaire au moteur en fonction des vecteurs du flux statorique et du courant rotorique et ce afin d'optimiser et réguler le champ magnétique et la vitesse du moteur en fonction de la charge.

La commande vectorielle de flux a les avantages et inconvénients suivants :

Avantages

- bonne réaction aux variations de charge.
- régulation précise de la vitesse.
- couple intégral à vitesse nulle.
- performance semblable aux entraînements à courant continu.
- réaction rapide aux variations de vitesse et large plage de vitesses (1/100).
- meilleure réaction dynamique aux variations de sens de rotation.
- une seule stratégie de commande pour toute la plage de vitesse est nécessaire.

Inconvénients

- nécessite de connaître les caractéristiques précises du moteur.

II.2.5 Les différents types de variateurs de vitesse

Les variateurs de vitesse peuvent être classés selon leur topologie, c'est-à-dire les relations entre leurs différents éléments.

➤ Onduleurs en source de tension

La tension continue sortant du pont redresseur est lissée à l'aide d'une capacité. L'onduleur utilise généralement la modulation de largeur d'impulsions sur la tension.

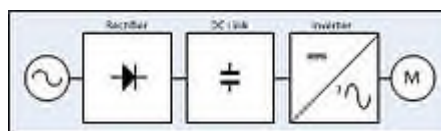


Fig. II.22 Topologie d'un onduleur en source de tension

➤ Onduleurs en source de courant

Le courant continu sortant du pont redresseur est lissé à l'aide d'une bobine. L'onduleur utilise soit la modulation de largeur d'impulsions sur le courant ou un convertisseur à six pas.

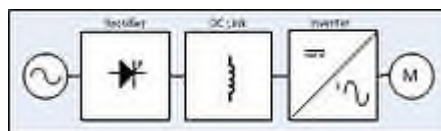


Fig. II.23 Topologie d'un onduleur en source de courant

➤ Convertisseur à six pas

Globalement obsolètes, les convertisseurs à six pas peuvent être utilisés en source de tension ou de courant. On parle parfois d'onduleur à tension variable ou d'onduleur à modulation d'amplitude (PAM), de square-wave drives ou de *D.C.* chopper inverter drives. La tension continue sortant du redresseur est lissée grâce à une capacité, des bobines sont également connectées en série. Le circuit intermédiaire est relié à un onduleur transistors Darlington ou des IGBT quasi-sinusoïdale qui fonctionnent soit en source de tension soit en source de courant

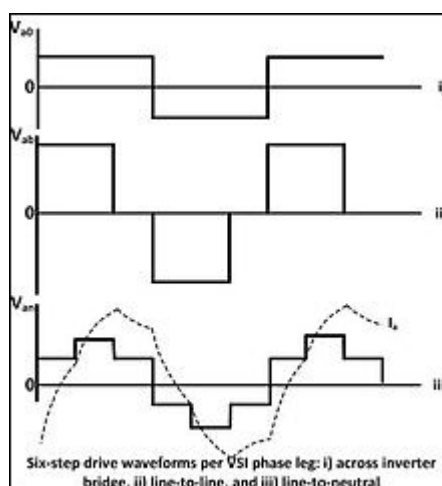


Fig. II.24 Convertisseur à six pas

➤ Onduleurs en source de courant commutés par la charge

L'onduleur fonctionne en source de courant et utilise des thyristors à la place des interrupteurs commandables des autres onduleurs en source de courant. La

commutation des thyristors est assurée par la charge. Ce circuit est connecté à une machine synchrone surexcitée.

➤ **Convertisseur à matrice ou cycloconvertisseur**

Ce sont des convertisseurs AC/AC qui n'ont pas de circuit intermédiaire. Il se comporte comme une source de courant triphasée et utilise trois ponts triphasés de thyristors, ou d'IGBT dans le cas des convertisseurs à matrice, connectés de manière antiparallèle. Chaque phase du cyclomoteur convertie la tension à la fréquence du réseau en une tension à fréquence variable.

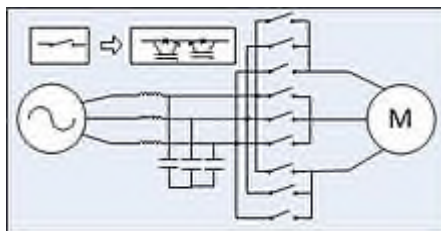


Fig. II.25 Convertisseur à matrice directe

➤ **Convertisseur à cascade hypo synchrone**

Un onduleur prend de la puissance dans le rotor pour la renvoyer dans le réseau AC. Le glissement s'en trouve augmenté. La vitesse du moteur est commandée par le courant continu.

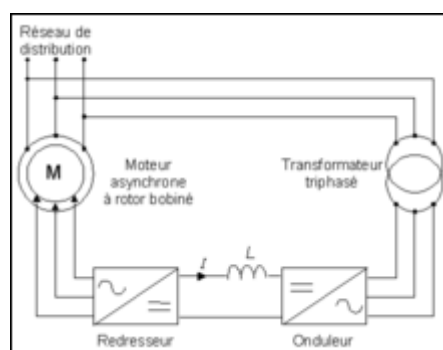


Fig. II.26 Convertisseur à cascade hypo synchrone

II.2.6 Principaux avantages des variateurs de vitesse

Le recours aux variateurs de vitesse offre plusieurs avantages :

- Démarrage progressif des moteurs réduisant les chutes de tension dans le réseau et limitant les courants de démarrage.
- Amélioration du facteur de puissance.
- Précision accrue de la régulation de vitesse.
- Prolongement de la durée de service du matériel entraîné.
- Diminution de la consommation d'électricité.
- Absence « d'à-coups » au démarrage des moteurs entraînant une meilleure fiabilité mécanique.
- Couple indépendant de la vitesse (possibilité de démarrage des machines à couple constant). [2]

II.2.7 Principaux inconvénients des variateurs de vitesse

Tous les variateurs de vitesse intégrant des dispositifs de commutation (diodes, thyristors, IGBT, etc.) forment une charge non linéaire qui engendre des courants harmoniques, source de distorsion de l'onde (chute ou perturbation de la tension) dans le réseau électrique. Cette dégradation de l'onde peut perturber tant les équipements électriques du client que ceux du réseau électrique si aucune mesure d'immunité n'est prise. Par ailleurs, des résonances harmoniques peuvent également apparaître entre les variateurs de vitesse et les batteries de condensateurs.

Les effets néfastes peuvent se manifester par la défaillance prématurée des équipements électriques (surchauffe des moteurs, des câbles et des transformateurs), par la dégradation de l'isolation des moteurs commandés par l'interruption des procédés (fusibles brûlés) [2].

II.3 Variateur de vitesse MDX61B

II.3.1 Introduction

MOVIDRIVE MDX61B est la désignation de la nouvelle génération de variateurs de SEW. Les variateurs de la série B se distinguent par de nombreuses

fonctionnalités de base, de multiples tailles, une grande capacité de surcharge et leur conception modulaire.

Prévus pour des puissances allant de 0.55 à 315 KW, ils utilisent les technologies numériques les plus récentes pour ouvrir de nouveaux horizons aux entraînements triphasés. Grâce au MOVIDRIVE, les moteurs asynchrones triphasés affichent des performances de dynamisme et de régulation tout à fait comparable à celles que l'on obtenait jusqu'à présent uniquement avec un servo-entraînement ou des moteurs à courant continu. Les fonctions d'automate intégrées et les nombreuses possibilités d'extension avec des options technologiques et des modules de communication offrent une grande facilité d'adaptation aux divers besoins, de mise en service et d'utilisation et un coût maintenu au plus juste [6].



Fig. II.27 Variateur SEW MDX61B

II.3.2 Codification de la plaque signalétique

MDX61B0015-5A3-4-00

- MDX61 : série 61, options possibles.
- B : version B.
- 0015 : puissance moteur utile, 0015 = 1.5KW.
- 5 : tension de raccordement, 5 = AC 380 ... 500 V.
- A : antiparasitage côté réseau, A = niveau d'antiparasitage A.
- 3 : raccordement, 3 = triphasé.
- 4 : nombre de quadrants, 4 = 4Q (avec frein-hacheur).

- 00 : Exécution, 00 = exécution standard.

II.3.3 Caractéristiques de l'appareil

ENTREE		
Tension nominale réseau	$U_{rés}$	3* AC 380V – 500V
Fréquence réseau	$f_{rés}$	50Hz ... 60Hz \pm 5%
Courant nominal réseau (pour $U_{rés} = 3*AC\ 400V$)		AC 3,6 A AC 4,5A
SORTIE		
Puissance apparente de sortie	S_N	2,8 KVA
Courant nominal de sortie	I_N	AC 4A
Courant de sortie permanent	I_D	AC 5A
Limitation de courant	I_{max}	150% I_N en moteur et en générateur
Limitation interne de courant		$I_{max} = 0...150\%$ réglable
Résistance de freinage minimale en fonct. 4 quadrants		68 Ω
Tension de sortie	U_A	$U_{rés\ max}$
Fréquence de découpage	f_{PWM}	réglable : 4/8/12/16 kHz
Fréquence de sortie		0...400 Hz
Plage de vitesse	n_A	-6000...0...6000 min ⁻¹
Puissance moteur utile avec réserve de surcharge 1,5*I_N		1,5 KW
Puissance moteur utile sans réserve de surcharge		2,2 KW
GENERAL		
Pertes sous S_N	P_{VMAX}	85W
Débit d'air nécessaire		40 m ³ /h
Poids		3,5 Kg
Dimensions	L*H*P	105 mm * 314 mm * 234 mm
Couple de serrage		0,6 Nm

Tableau II.1 Caractéristiques techniques de l'appareil [6]

II.3.4 Modes de régulation du MOVIDRIVE 61B

On dispose de deux modes de régulation vectorielle VFC et CFC, ils permettent de piloter les servomoteurs et les moteurs asynchrones triphasés avec un dynamisme et une précision comparable à celles des moteurs à courant continu.

➤ **Le mode Current Flux Control (CFC)**

Le mode de régulation CFC avec retour codeur donne un grand dynamisme aux moteurs asynchrones standards et aux servomoteurs asynchrones avec des temps de réglage du couple particulièrement courts.

➤ **Le mode Voltage Flux Control (VFC)**

Sur des applications standards, les moteurs asynchrones, pilotés en mode VFC (avec ou sans retour codeur), fonctionnent avec un dynamisme et une constance de vitesse élevée.

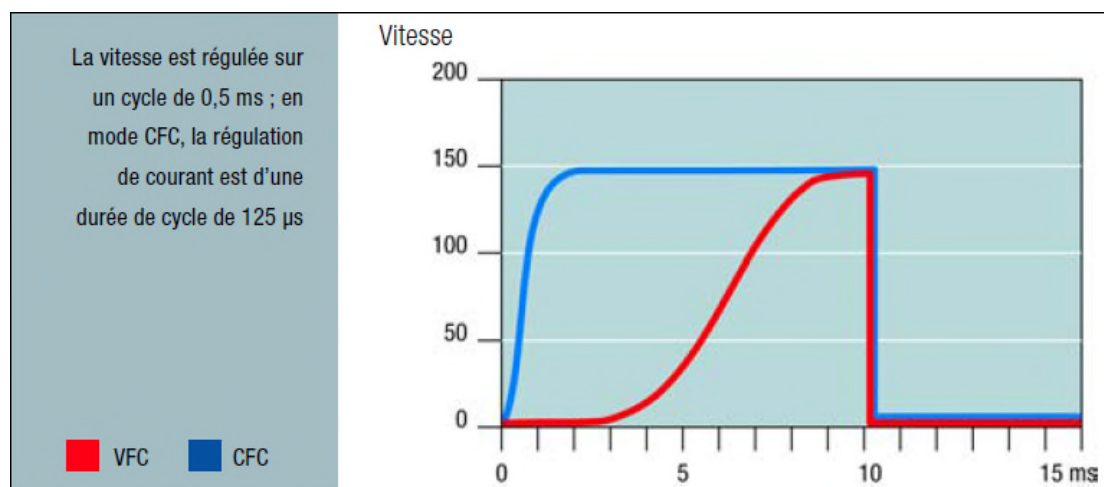


Fig. II.28 Vitesse de régulation des deux modes en fonction du temps

II.3.5 Les avantages du MOVIDRIVE 61B

- Variateur universel : peut être associé à un entraînement asynchrone triphasé ou à un servoentraînement synchrone.
- Large plage de puissance, de 0.55 à 315 KW.
- Fonctionnalités de base plus nombreuses grâce à plus d'entrées et de sorties dans le variateur.

- Concept modulaire.
- Fonction de sécurité « arrêt sécurisé » intégré.
- Module mémoire débrochable pour le transfert simple et rapide des données en cas d'intervention de service.
- Mise en route simplifiée grâce à l'association de la plaque signalétique électrique et d'un codeur HIPERFACE.
- Console de paramétrage avec afficheur matriciel et possibilité de choix parmi 15 langues.
- Accélérations sans à-coups, convient particulièrement aux applications sujettes aux oscillations.
- Nouvelles fonctionnalités dans la commande de positionnement IPOS^{plus} intégrée.

II.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu qu'un variateur de vitesse est constitué d'un redresseur servant à convertir la tension AC/DC, un circuit intermédiaire qui lisse le courant et régule la tension d'attaque de l'onduleur ce dernier délivre au moteur une grandeur variable en fréquence ou en amplitude. Par la suite nous avons présenté le variateur de vitesse MDX61B0015-5A3-4-00.

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous commencerons par une description détaillée des variateurs de vitesse, leur principe de fonctionnement, les différents éléments qui composent un variateur de vitesse, les différents types des variateurs de vitesse ainsi que les avantages et les inconvénients liés à leur utilisation.

On finira par présenter le variateur de vitesse **SEW MDX61B0015-5A3-4-00** sur lequel portera l'essentiel de notre travail.

II.2 Les variateurs de vitesse

II.2.1 Généralités sur les variateurs de vitesse

Un variateur de vitesse est un équipement permettant de faire varier la vitesse d'un moteur, une nécessité pour de nombreux procédés industriels.

En effet, la plupart des moteurs tournent à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements de procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécaniques. Aujourd'hui, on fait surtout appel à des variateurs de vitesse électroniques.

Pour les procédés industriels exigeant une régulation précise de la vitesse, on a d'abord utilisé des moteurs à courant continu (CC) commandés par des variateurs électroniques à semi-conducteurs. Cette technique consistait à faire varier la vitesse proportionnellement à la tension. Etant donné la complexité de l'entretien des moteurs CC, les applications récentes n'utilisent que rarement ce système.

Dans les premiers variateurs de vitesse électroniques à courant continu, le dispositif de commande utilisé était le thyristor, un dispositif vulnérable aux perturbations du réseau électrique.

Depuis, l'électronique de puissance a fait des progrès considérables et on installe de plus en plus des variateurs de vitesse à fréquence variable avec des moteurs à courant alternatif. Ces variateurs de vitesse exploitent le plus souvent la modulation de largeur d'impulsion (**MLI**) et les transistors bipolaires à grille isolée (**IGBT**) [2].

II.2.2 Principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse

Un variateur de vitesse permet de faire varier la vitesse des moteurs asynchrones qui, de conception, ont une vitesse de rotation constante. La variation de vitesse est obtenue en faisant varier la fréquence de la tension d'alimentation du moteur.

II.2.3 Fonction des variateurs de vitesse

Parmi la multitude de possibilités de fonctions qu'offrent les variateurs de vitesse actuels, on citera : [4]

- l'accélération contrôlée,
- la décélération contrôlée,
- la variation et la régulation de vitesse,
- l'inversion du sens de marche,
- le freinage d'arrêt.

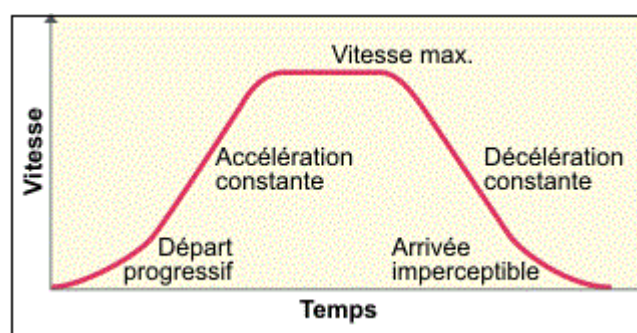


Fig. II.1 Allure de la variation de vitesse

➤ L'accélération contrôlée

Le profil de la courbe de démarrage d'un moteur d'ascenseur est avant tout lié au confort des utilisateurs dans la cabine. Il peut être soit linéaire ou en forme de "s". Ce profil ou "rampe" est la plupart du temps ajustable en permettant de choisir le temps de mise en vitesse de l'ascenseur.

➤ **La décélération contrôlée**

Les variateurs de vitesse permettent une décélération contrôlée sur le même principe que l'accélération. Dans le cas des ascenseurs, cette fonction est capitale dans sens où l'on ne peut pas se permettre de simplement mettre le moteur hors tension et d'attendre son arrêt complet suivant l'importance du couple résistant (le poids du système cabine/contrepoids varie en permanence); Il faut impérativement contrôler le confort et la sécurité des utilisateurs par le respect d'une décélération supportable, d'une mise à niveau correcte. On distingue, au niveau du variateur de vitesse deux types de freinage :

- En cas de décélération désirée plus importante que la décélération naturelle, le freinage peut être électrique soit par renvoi d'énergie au réseau d'alimentation, soit par dissipation de l'énergie dans un système de freinage statique.
- En cas de décélération désirée moins importante que la décélération naturelle, le moteur peut développer un couple moteur supérieur au couple résistant de l'ascenseur et continuer à entraîner la cabine jusqu'à l'arrêt.

➤ **La variation et la régulation de vitesse**

Parmi les fonctionnements classiques des variateurs de vitesse, on distingue :

- La variation de vitesse proprement dite où la vitesse du moteur est définie par une consigne d'entrée (tension ou courant) sans tenir compte de la valeur réelle de la vitesse du moteur qui peut varier en fonction de la charge, de la tension d'alimentation, ... On est en boucle "ouverte" (pas de feedback).

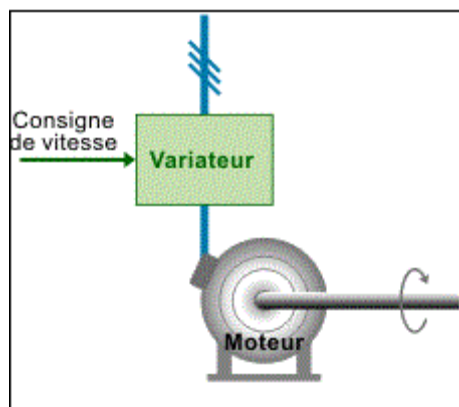


Fig. II.2 Régulation en boucle ouverte

- La régulation de vitesse où la consigne de la vitesse du moteur est corrigée en fonction d'une mesure réelle de la vitesse à l'arbre du moteur introduite dans un comparateur. La consigne et la valeur réelle de la vitesse sont comparées, la différence éventuelle étant corrigée. On est en boucle "fermée".

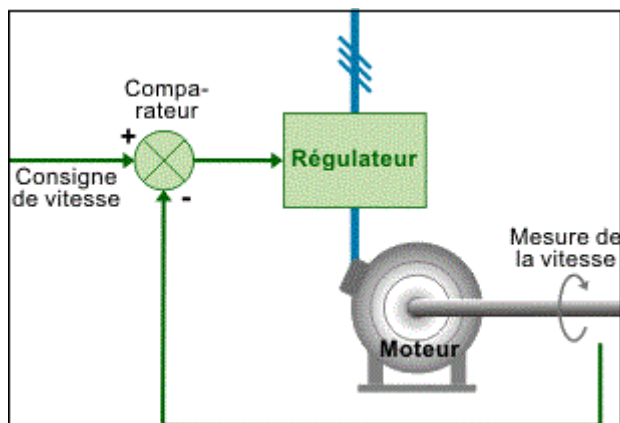


Fig. II.3 Régulation en boucle fermée

➤ L'inversion du sens de marche

Sur la plupart des variateurs de vitesse, il est possible d'inverser automatiquement le sens de marche. L'inversion de l'ordre des phases d'alimentation du moteur de l'ascenseur s'effectue :

- soit par inversion de la consigne d'entrée,
- soit par un ordre logique sur une borne,
- soit par une information transmise par une connexion à un réseau de gestion.

➤ Le freinage d'arrêt

C'est un freinage de sécurité pour les ascenseurs :

- Avec des moteurs asynchrones, le variateur de vitesse est capable d'injecter du courant continu au niveau des enroulements statoriques et par conséquent stopper instantanément le champ tournant; la dissipation de l'énergie mécanique s'effectuant au niveau du rotor du moteur (danger d'échauffement important).

- Avec des moteurs à courant continu, le freinage s'effectue au moyen d'une résistance connectée sur l'induit de la machine.

II.2.4 Constitution d'un variateur de vitesse

Les variateurs de vitesse sont composés essentiellement d'un redresseur, un circuit intermédiaire et un onduleur comme illustré dans la figure ci-dessous : [3]

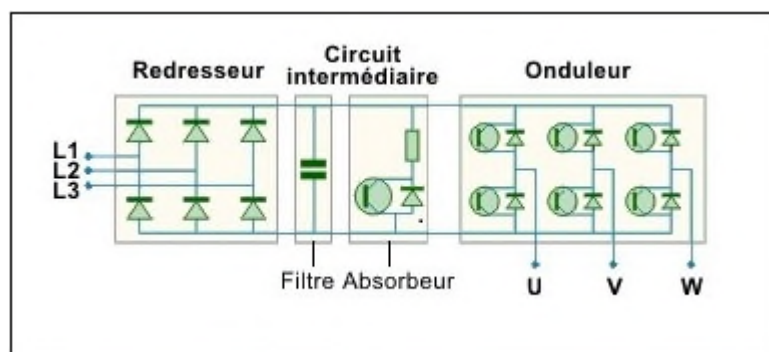


Fig. II.4 Schéma d'un variateur de vitesse

II.2.4.1 Le redresseur

La fonction du redresseur au sein du variateur de vitesse est de transformer la tension triphasée alternative en tension continue monophasée. Cette opération se réalise par l'utilisation :

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

➤ Le redresseur non commandé

Comme le montre la figure ci-dessous, des deux alternances d'une tension monophasée alternative (positive et négative), seul l'alternance positive passe à travers les diodes entre les électrodes couramment appelées « anode » et « cathode » ; on dit que la diode est passante.

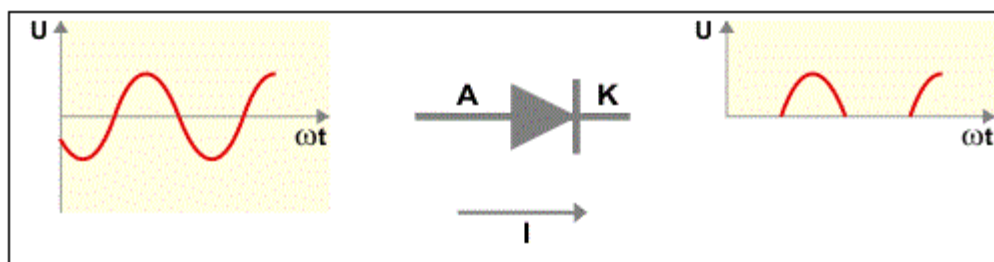


Fig. II.5 Fonctionnement de la diode.

Pour obtenir une tension continue à la sortie du redresseur, il est nécessaire de trouver un système qui permette d'exploiter les deux alternances ; c'est le pont de diodes.

Dans un redresseur triphasé non-commandé, le pont de diodes permet, comme la montre la figure ci-dessous, de générer une tension continue en redressant l'alternance négative de chacune des trois tensions composées. On voit que la tension de sortie n'est pas tout à fait continue et comporte une ondulation résiduelle.

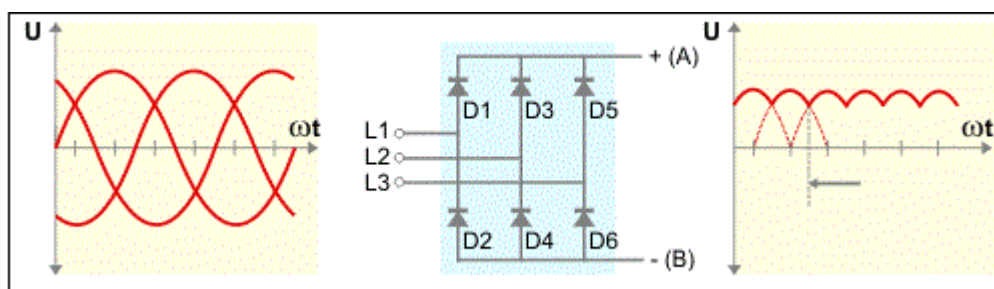


Fig. II.6 Redresseur non commandé.

La tension à ondulation résiduelle sortant du redresseur a une valeur moyenne de l'ordre de 1.35 fois la tension du réseau.

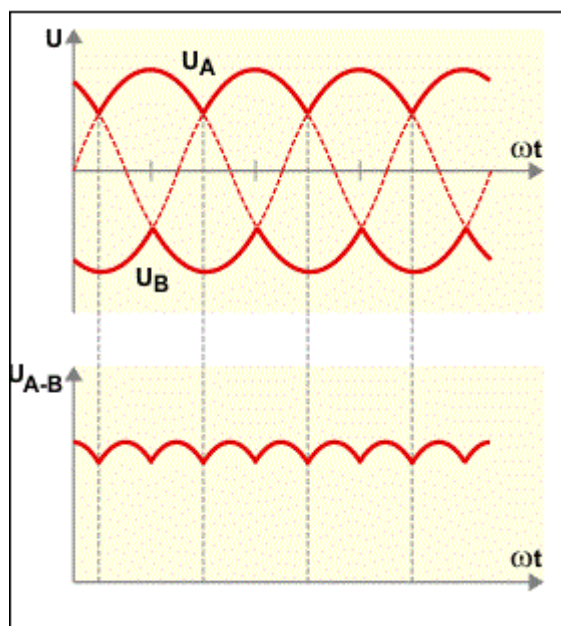


Fig. II.7 Tension à ondulation résiduelle.

➤ Le redresseur commandé

Dans le redressement commandé, la diode est remplacée par le thyristor qui possède la particularité de pouvoir contrôler le moment où il deviendra « passant » dans l'alternance positive. C'est la troisième électrode appelée gâchette, qui, lorsqu'elle est alimentée sur commande par la régulation du redresseur, devient conductrice. Tout comme la diode, le thyristor est « bloquant » durant l'alternance négative.

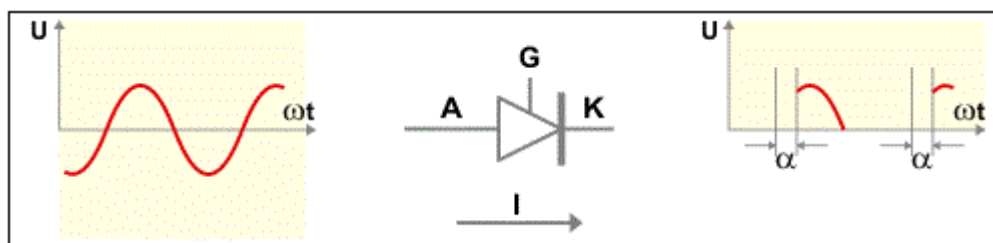


Fig. II.8 Fonctionnement du thyristor.

On voit tout de suite l'intérêt du thyristor par rapport à la diode : on peut faire varier la valeur de la tension moyenne de sortie en contrôlant le moment où l'impulsion sera donnée sur la gâchette pour rendre le thyristor passant.

Dans un redresseur triphasé commandé, le pont de thyristors permet, comme le montre la figure ci-dessous :

- De générer une tension continue en redressant l'alternance négative de chacune des trois tensions composées. On voit que la tension de sortie n'est pas tout à fait continue et comporte une ondulation résiduelle.
- De faire varier le niveau de tension moyenne à la sortie du redresseur.

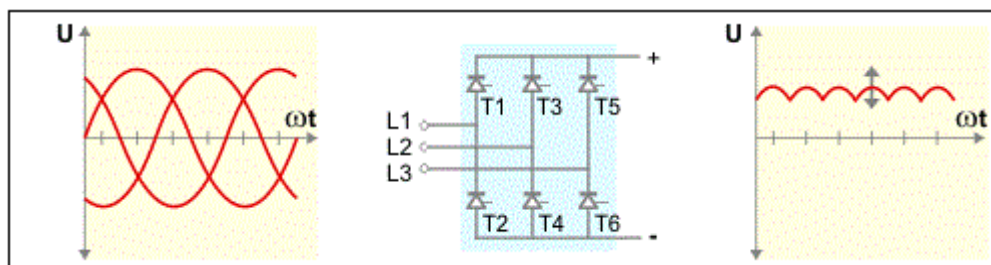


Fig. II.9 Redresseurs commandés.

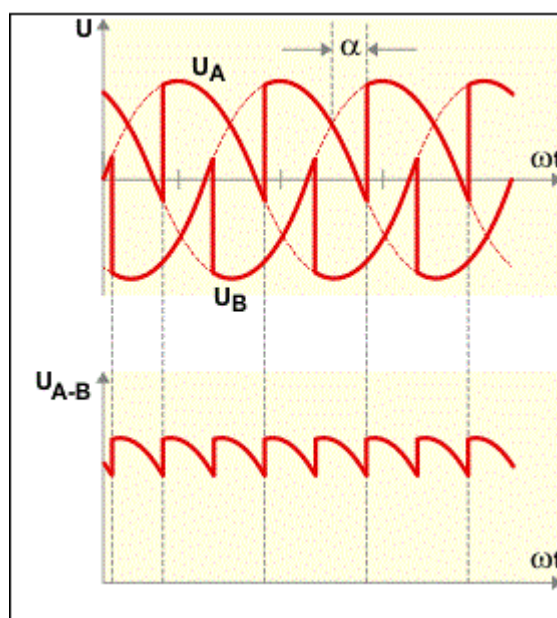


Fig. II.10 Tension de sortie du redresseur.

II.2.4.2 Le circuit intermédiaire

Ce circuit joue plusieurs rôles suivant les options prises sur le type de variateur dont principalement le lissage en courant ou en tension du signal de sortie du redresseur et le contrôle du niveau de tension ou de courant d'attaque de l'onduleur. Il peut aussi servir à :

- Découpler le redresseur de l'onduleur.
- Réduire les harmoniques.

- Stocker l'énergie due aux pointes intermittentes de charge.

On différencie le circuit intermédiaire à :

- A courant continu variable lorsque le redresseur est commandé (variation de la tension de sortie du redresseur).
- A tension continue variable ou constante lorsque le redresseur est respectivement commandé ou pas.
- A tension variable lorsque le redresseur est non commandé.

➤ **Circuit intermédiaire à courant continu variable**

Ce type de circuit intermédiaire caractérise les variateurs à source de courant. Il est composé d'une bobine (ou self) de lissage « passe bas » (filtrage de basses fréquences) permettant de réduire l'ondulation résiduelle. En d'autres termes la bobine transforme la tension de sortie du redresseur à ondulation résiduelle en un courant continu.



Fig. II.11 Circuit intermédiaire à courant continu variable

➤ **Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable**

Ce type de circuit intermédiaire caractérise les valeurs à source de tension. Il est composé d'une bobine de lissage « passe bas » (filtrage des basses fréquences) et d'un condensateur « passe haut » (filtrage des hautes fréquences) permettant de réduire l'ondulation résiduelle.

Pour un redresseur commandé, le circuit intermédiaire transforme la tension de sortie à ondulation résiduelle du redresseur en tension continue d'amplitude variable.

Pour un redresseur non-commandé, la tension à l'entrée de l'onduleur est une tension continue dont l'amplitude est constante.

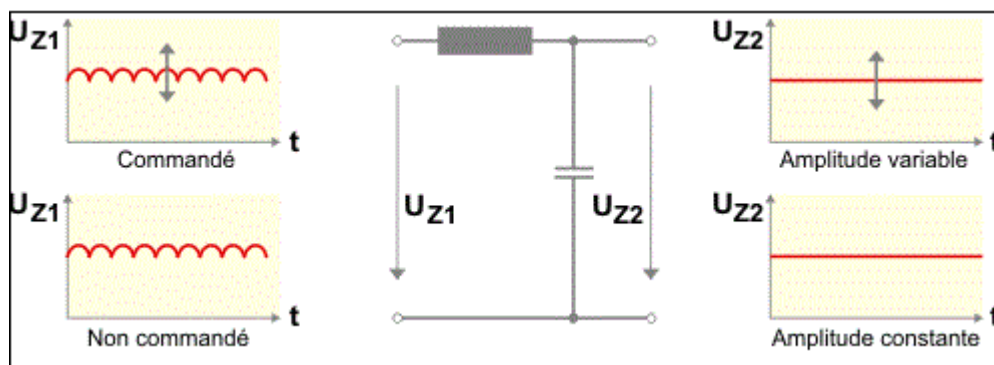


Fig. II.12 Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable

➤ **Circuit intermédiaire à tension variable**

A l'entrée du filtre est ajouté un hacheur composé d'un transistor et une diode « roue libre ». Dans ce cas, le circuit intermédiaire transforme la tension continue de sortie du redresseur à ondulation résiduelle en une tension carrée lissée par le filtre. Il en résulte la création d'une tension variable suivant que le pilote du hacheur rende le transistor « passant » ou pas.

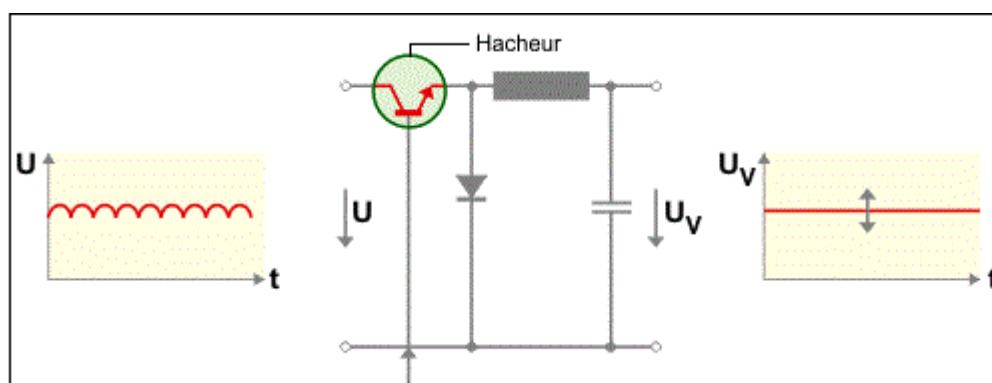


Fig. II.13 Circuit intermédiaire à tension variable

II.2.4.3 L'onduleur

L'onduleur constitue la dernière partie du variateur de vitesse dans le circuit puissance. Alimenté à partir du circuit intermédiaire par :

- Une tension continue variable ou constante,

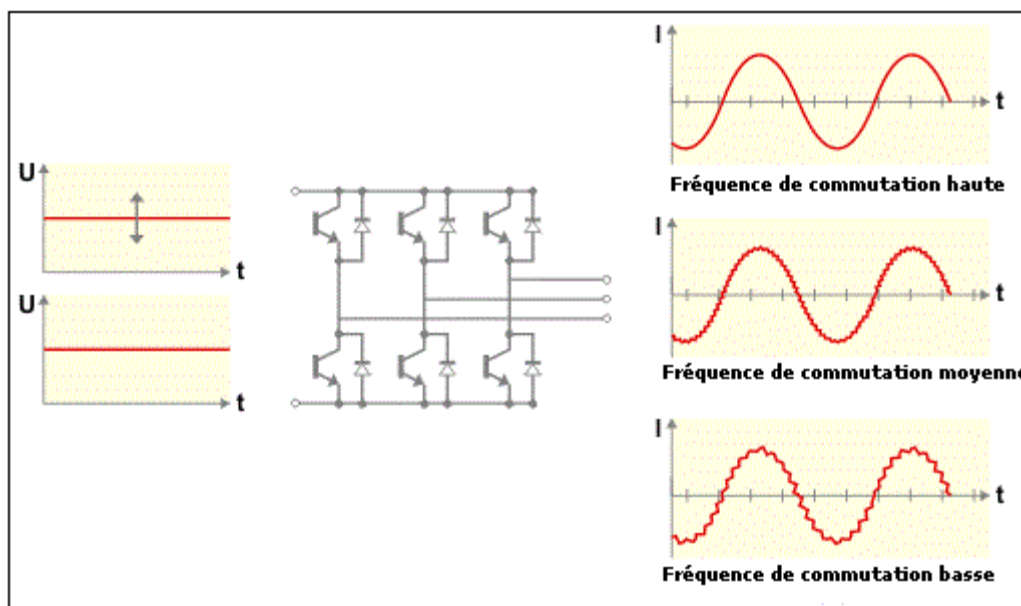


Fig. II.14 Onduleur pour tension intermédiaire variable ou continue

- un courant continu variable,

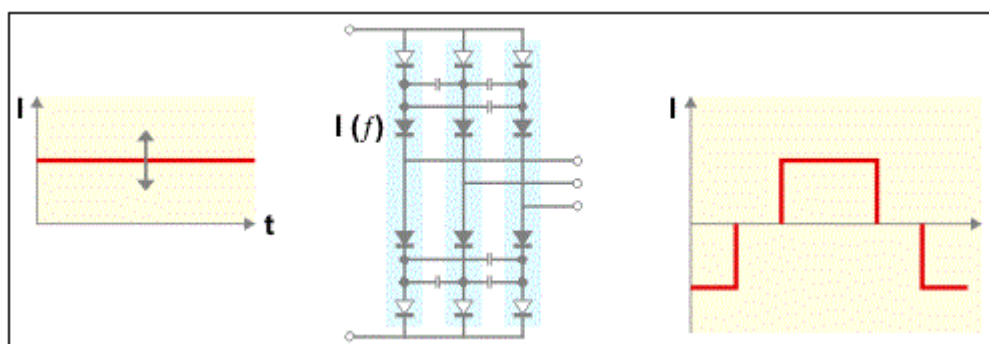


Fig. II.15 Onduleur pour courant intermédiaire continu variable

L'onduleur fournit au moteur une grandeur variable en tension ou en fréquence ou les deux en même temps suivant le cas. En effet, une alimentation de l'onduleur :

- En tension ou en courant continue variable, lui permet de réguler la vitesse du moteur en fréquence.
- En tension continue constante, lui impose de réguler la vitesse du moteur en tension et en fréquence.

Bien que les fonctionnements des onduleurs soient différents, la technologie reste plus ou moins identique. Pour une raison de souplesse de commande en

fréquence, les onduleurs sont maintenant équipés de transistors haute fréquence plutôt que de thyristors. Ce type de transistor de puissance peut être allumé et éteint très rapidement et, par conséquent, couvrir une large plage de fréquence (entre 300 Hz et 20 kHz).

➤ **Modes de fonctionnement de l'onduleur**

On distingue plusieurs modes de fonctionnement des onduleurs en fonction principalement du signal de sortie du circuit intermédiaire : [5]

- **Le fonctionnement en modulation d'impulsion en amplitude (PAM : Pulse Amplitude Modulation)**

Utilisé dans le cas de variateur de vitesse à tension intermédiaire variable. Dans les variateurs de vitesse avec redresseur non commandé, l'amplitude de la tension de sortie est engendrée par le hacheur du circuit intermédiaire tandis qu'avec redresseur commandé, l'amplitude est engendrée directement.

La **PAM** (MIA) est une méthode de pilotage de l'onduleur qui utilise la tension où le courant variable du circuit intermédiaire.

Les intervalles pendant lesquelles chaque semi-conducteur conduit sont programmés selon une séquence qui permet de tenir la séquence de sortie désirée.

Les séquences de commutation des semi-conducteurs est commandée par la valeur de la tension où de courant variable provenant du circuit intermédiaire. Un oscillateur commandé en tension engendre toujours une fréquence qui suit l'amplitude de la tension.

- **Le fonctionnement en modulation de largeur d'impulsion (PWM : Pulse Width Modulation)**

La méthode **PWM** (MLI) qui modifie la largeur des impulsions de tension est la technique de commande de l'onduleur le plus répandu pour engendrer une tension triphasée avec une fréquence correspondante, elle utilise une tension intermédiaire

fixe. La tension du moteur est rendue variable en appliquant aux enroulements du moteur, pendant un temps variable, la tension du circuit intermédiaire.

Il existe de très nombreuses possibilités de réalisation, à savoir la technique MLI sinusoïdale analogique et numérique :

- **La technique analogique :** utilisée sur les réalisations industrielles les plus anciennes. Elle consiste à générer : une onde sinusoïdale de référence par phase dont l'amplitude et la fréquence représente la tension de sortie, et une onde de modulation de fréquence élevée de forme triangulaire. Les transistors de puissance sont commandés aux instants d'intersection de ces deux ondes, instants déterminés par des comparateurs.
- **La technique numérique :** l'apparition des microprocesseurs a permis de transposer le principe décrit précédemment en technique numérique. La modulation, entièrement réalisée par le microprocesseur, consiste à commander les transistors avec un motif de base auquel on superpose une modulation à haute fréquence réalisant la variation de tension.

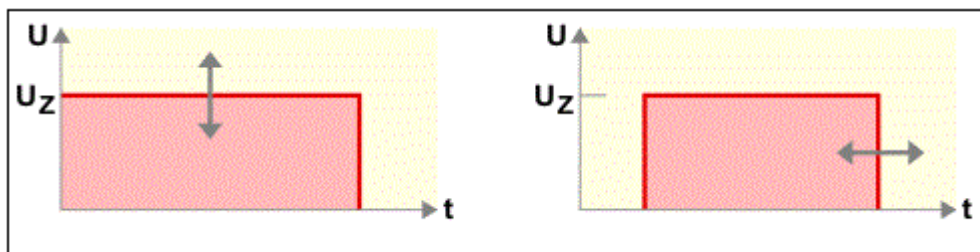


Fig. II.16 Mode de modulation en amplitude ou en largeur d'impulsion

➤ Modulation d'impulsion en amplitude

Ce type de modulation est utilisé lorsque le variateur de vitesse est à tension intermédiaire variable.

Comme on l'a vu dans le circuit intermédiaire :

- Pour les variateurs avec redresseurs non-commandés, un hacheur est nécessaire pour générer une tension variable au niveau de l'onduleur.
- Pour les variateurs avec redresseurs commandés, la variation de l'amplitude de la tension est générée par le redresseur lui-même.

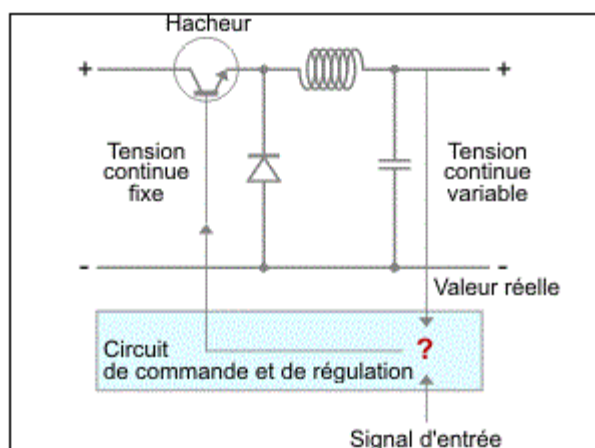


Fig. II.17 Circuit intermédiaire à tension variable par le hacheur

Quelque soit le système, l'onduleur reçoit à son entrée une tension continue variable en amplitude. Dans ce cas, l'onduleur, lui, ne fait varier que la fréquence d'allumage et d'extinction des thyristors où des transistors en fonction du niveau de la tension d'entrée pour recréer une tension sinusoïdale (dans le cas d'un moteur à courant alternatif).

➤ Modulation de largeur d'impulsion (PWM)

Ce type de modulation est souvent utilisé pour générer une tension triphasée à fréquence et tension variable.

Il existe trois manières de générer la commutation des thyristors où des transistors de puissance :

- PWM à commande par sinusoïde,
- PWM synchrone pour limiter les harmoniques,
- PWM asynchrone pour améliorer la réaction du moteur à toute modification rapide de la commande du variateur de fréquence.

Dans un souci de clarté, seule la PWM à commande par sinusoïde est expliquée ci-dessous :

Le principe de commande de l'onduleur réside dans l'utilisation d'un comparateur de tension. Ce comparateur superpose à trois tensions sinusoïdales de référence une tension de forme triangulaire. La fréquence des trois sinusoïdes de référence

correspond à celles des tensions souhaitées à la sortie de l'onduleur. Les intersections entre les sinusoïdes et l'onde triangulaire détermine l'allumage où l'extinction des thyristors (où des transistors de puissance) selon le cas. Il en résulte un temps d'impulsion « passante » où « non-passante » variable reconstituant un courant sinusoïdal en sortie du variateur de vitesse. [8]

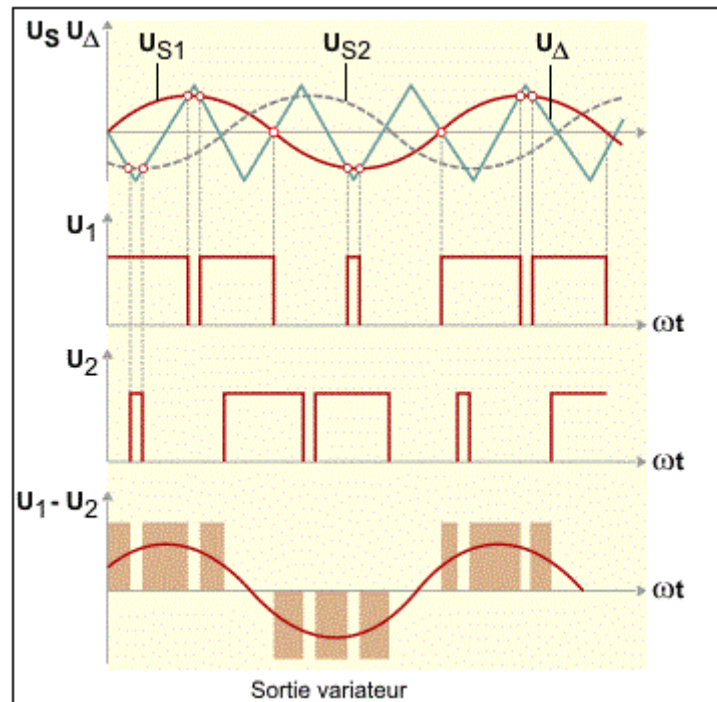


Fig. II.18 Principe PWM à commande par sinusoïde

II.2.4.4 Le circuit de commande

Le circuit de commande ne fait pas partie du circuit puissance du variateur de vitesse. Ce circuit doit garantir quatre fonctions essentielles :

- La commande des semi-conducteurs du variateur de vitesse.
- L'échange d'informations de commande, de régulation et d'analyse avec les périphériques.
- Le contrôle des défauts (interprétation et affichage).
- La protection du variateur de vitesse et du moteur.

La venue des microprocesseurs a permis d'accroître la vitesse d'exécution des informations de commande et de régulation du circuit de commande vis à vis des autres circuits (circuit intermédiaire, onduleur, ...).

Le circuit de commande est donc en mesure de déterminer le schéma optimum d'impulsions des semi-conducteurs pour chaque état de fonctionnement du moteur par rapport à la charge, au réseau, aux consignes de commande, ...

La régulation de vitesse de moteurs triphasés à courant alternatif évolue selon deux principes de commandes différents :

- la commande U/f (Scalaire),
- la commande vectorielle de flux (VVC : Voltage Vector Control).

Ces principes déterminent la manière de programmation des algorithmes de commande et de régulation des variateurs de vitesses. Les deux méthodes présentent des avantages en fonction des exigences spécifiques des performances (couple, vitesse, ...) et de la précision de l'entraînement.

➤ **La commande U/f (scalaire)**

La commande U/f se base sur la mesure de grandeurs scalaires (valeurs d'amplitude en tension et en fréquence). C'est le système de commande de base des variateurs de fréquence standards.

Afin de garder un flux constant dans le moteur et donc aussi une variation de vitesse à couple constant la tension et la fréquence varient proportionnellement jusqu'à la fréquence nominale du moteur (50 Hz). Lorsque la tension nominale est atteinte, la tension ne sachant plus augmenter, il est toujours possible d'augmenter la fréquence; dans ce cas la variation se fait à puissance constante, le couple diminue avec la vitesse. Ce mode de fonctionnement est intéressant pour des charges à couple constant tels que les ascenseurs. En effet, le couple moteur "colle" mieux au profil du couple résistant; ce qui signifie que les consommations qui en découlent sont moindres.

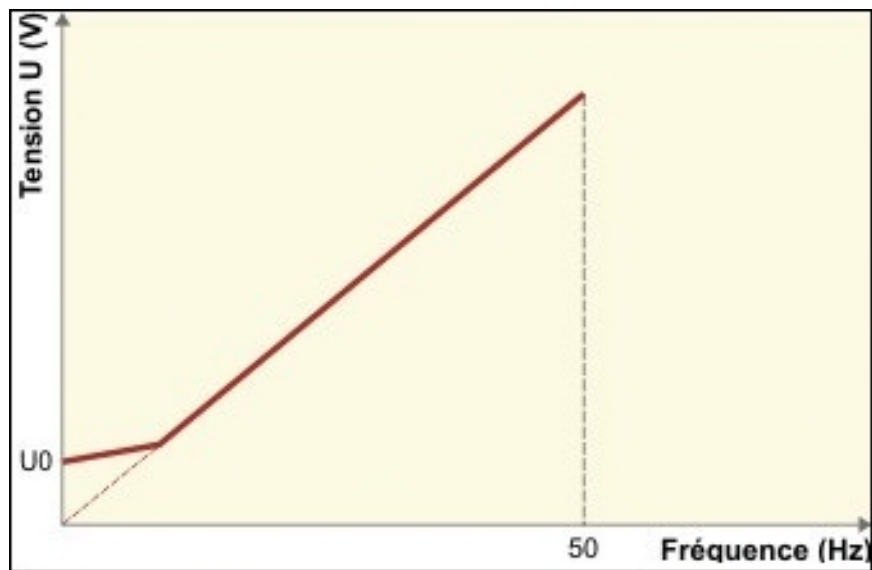


Fig. II.19 Fonctionnement U/F constant

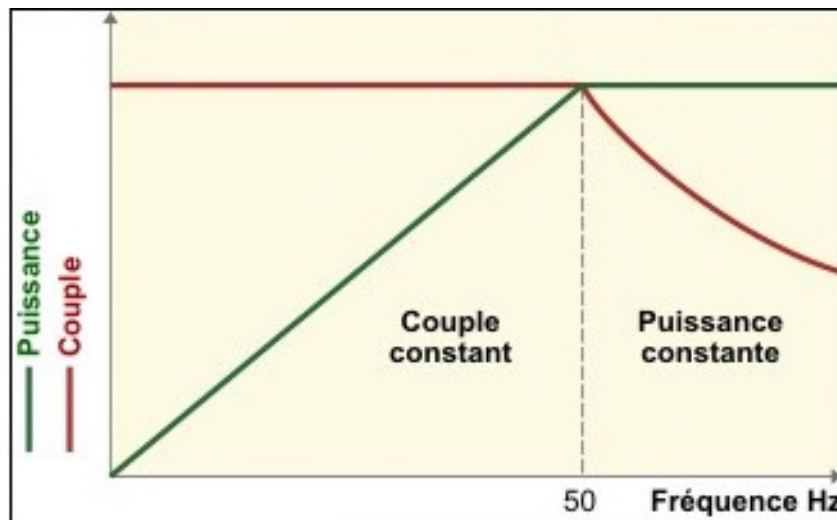


Fig. II.20 Fonctionnement à couple constant sous une fréquence de 50HZ

La figure ci-dessous montre les profils des courbes du couple en fonction de la vitesse pour différents rapports U/F :

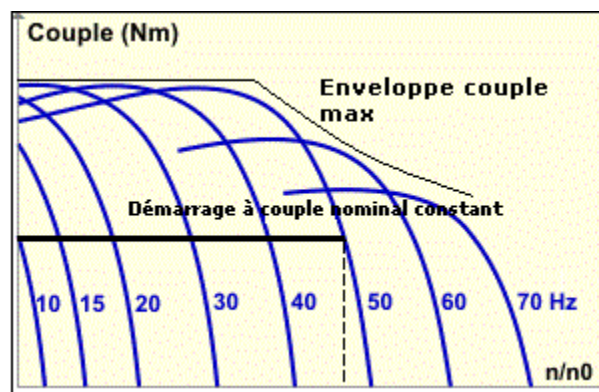


Fig. II.21 Fonctionnement à couple constant

La commande U/F a les avantages et les inconvénients suivants :

Avantages

- Facilité d'adaptation de variateur de vitesse au moteur.
- Supporte aisément les variations de charge dans toute la plage de vitesse.
- Le couple moteur reste plus ou moins constant en fonction de la vitesse.

Inconvénients

- Plage de régulation de la vitesse limitée à 1/20.
- A faible vitesse, pas de compensation par rapport au glissement et à la gestion de la charge.

➤ La commande vectorielle de tension (ou de flux)

Pour ce type de commande, il est nécessaire de fournir des indications précises sur les paramètres du moteur (encodage de la plaque signalétique).

La commande vectorielle en tension (VVC : Voltage Vector Control) agit selon le principe de calcul de la magnétisation optimale du moteur à différentes charges à l'aide de paramètres de compensation permettant de contrôler le glissement et la charge du moteur.

Comme son nom l'indique, la commande vectorielle en tension travaille avec les vecteurs de tension à vide et de compensation par rapport à la variation de la charge.

La commande vectorielle à champ orienté travaille avec les valeurs des courants actifs, de magnétisation (flux) et du couple. Par un modèle mathématique

approprié, il est possible de déterminer le couple nécessaire au moteur en fonction des vecteurs du flux statorique et du courant rotorique et ce afin d'optimiser et réguler le champ magnétique et la vitesse du moteur en fonction de la charge.

La commande vectorielle de flux a les avantages et inconvénients suivants :

Avantages

- bonne réaction aux variations de charge.
- régulation précise de la vitesse.
- couple intégral à vitesse nulle.
- performance semblable aux entraînements à courant continu.
- réaction rapide aux variations de vitesse et large plage de vitesses (1/100).
- meilleure réaction dynamique aux variations de sens de rotation.
- une seule stratégie de commande pour toute la plage de vitesse est nécessaire.

Inconvénients

- nécessite de connaître les caractéristiques précises du moteur.

II.2.5 Les différents types de variateurs de vitesse

Les variateurs de vitesse peuvent être classés selon leur topologie, c'est-à-dire les relations entre leurs différents éléments.

➤ Onduleurs en source de tension

La tension continue sortant du pont redresseur est lissée à l'aide d'une capacité. L'onduleur utilise généralement la modulation de largeur d'impulsions sur la tension.

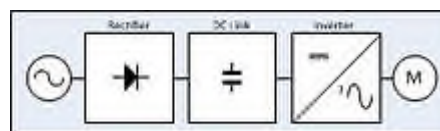


Fig. II.22 Topologie d'un onduleur en source de tension

➤ Onduleurs en source de courant

Le courant continu sortant du pont redresseur est lissé à l'aide d'une bobine. L'onduleur utilise soit la modulation de largeur d'impulsions sur le courant ou un convertisseur à six pas.

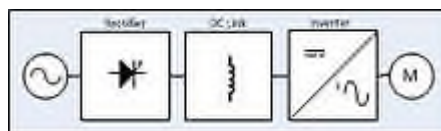


Fig. II.23 Topologie d'un onduleur en source de courant

➤ Convertisseur à six pas

Globalement obsolètes, les convertisseurs à six pas peuvent être utilisés en source de tension ou de courant. On parle parfois d'onduleur à tension variable ou d'onduleur à modulation d'amplitude (PAM), de square-wave drives ou de *D.C.* chopper inverter drives. La tension continue sortant du redresseur est lissée grâce à une capacité, des bobines sont également connectées en série. Le circuit intermédiaire est relié à un onduleur transistors Darlington ou des IGBT quasi-sinusoïdale qui fonctionnent soit en source de tension soit en source de courant

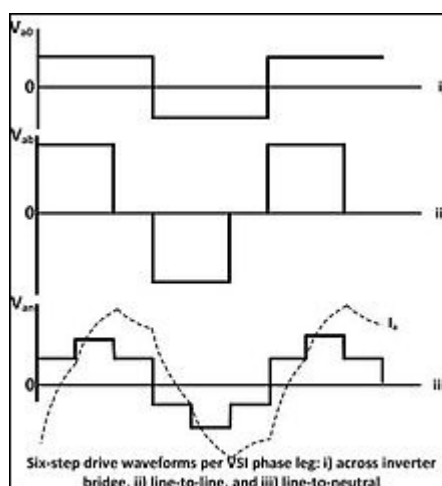


Fig. II.24 Convertisseur à six pas

➤ Onduleurs en source de courant commutés par la charge

L'onduleur fonctionne en source de courant et utilise des thyristors à la place des interrupteurs commandables des autres onduleurs en source de courant. La

commutation des thyristors est assurée par la charge. Ce circuit est connecté à une machine synchrone surexcitée.

➤ **Convertisseur à matrice ou cycloconvertisseur**

Ce sont des convertisseurs AC/AC qui n'ont pas de circuit intermédiaire. Il se comporte comme une source de courant triphasée et utilise trois ponts triphasés de thyristors, ou d'IGBT dans le cas des convertisseurs à matrice, connectés de manière antiparallèle. Chaque phase du cyclomoteur convertie la tension à la fréquence du réseau en une tension à fréquence variable.

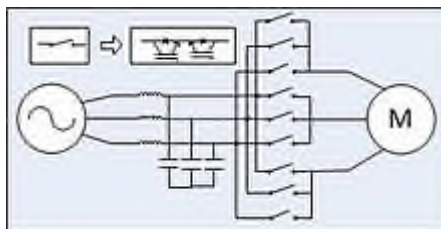


Fig. II.25 Convertisseur à matrice directe

➤ **Convertisseur à cascade hypo synchrone**

Un onduleur prend de la puissance dans le rotor pour la renvoyer dans le réseau AC. Le glissement s'en trouve augmenté. La vitesse du moteur est commandée par le courant continu.

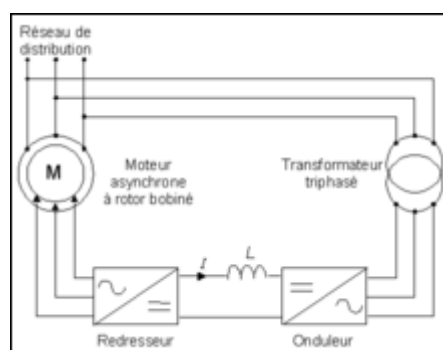


Fig. II.26 Convertisseur à cascade hypo synchrone

II.2.6 Principaux avantages des variateurs de vitesse

Le recours aux variateurs de vitesse offre plusieurs avantages :

- Démarrage progressif des moteurs réduisant les chutes de tension dans le réseau et limitant les courants de démarrage.
- Amélioration du facteur de puissance.
- Précision accrue de la régulation de vitesse.
- Prolongement de la durée de service du matériel entraîné.
- Diminution de la consommation d'électricité.
- Absence « d'à-coups » au démarrage des moteurs entraînant une meilleure fiabilité mécanique.
- Couple indépendant de la vitesse (possibilité de démarrage des machines à couple constant). [2]

II.2.7 Principaux inconvénients des variateurs de vitesse

Tous les variateurs de vitesse intégrant des dispositifs de commutation (diodes, thyristors, IGBT, etc.) forment une charge non linéaire qui engendre des courants harmoniques, source de distorsion de l'onde (chute ou perturbation de la tension) dans le réseau électrique. Cette dégradation de l'onde peut perturber tant les équipements électriques du client que ceux du réseau électrique si aucune mesure d'immunité n'est prise. Par ailleurs, des résonances harmoniques peuvent également apparaître entre les variateurs de vitesse et les batteries de condensateurs.

Les effets néfastes peuvent se manifester par la défaillance prématurée des équipements électriques (surchauffe des moteurs, des câbles et des transformateurs), par la dégradation de l'isolation des moteurs commandés par l'interruption des procédés (fusibles brûlés) [2].

II.3 Variateur de vitesse MDX61B

II.3.1 Introduction

MOVIDRIVE MDX61B est la désignation de la nouvelle génération de variateurs de SEW. Les variateurs de la série B se distinguent par de nombreuses

fonctionnalités de base, de multiples tailles, une grande capacité de surcharge et leur conception modulaire.

Prévus pour des puissances allant de 0.55 à 315 KW, ils utilisent les technologies numériques les plus récentes pour ouvrir de nouveaux horizons aux entraînements triphasés. Grâce au MOVIDRIVE, les moteurs asynchrones triphasés affichent des performances de dynamisme et de régulation tout à fait comparable à celles que l'on obtenait jusqu'à présent uniquement avec un servo-entraînement ou des moteurs à courant continu. Les fonctions d'automate intégrées et les nombreuses possibilités d'extension avec des options technologiques et des modules de communication offrent une grande facilité d'adaptation aux divers besoins, de mise en service et d'utilisation et un coût maintenu au plus juste [6].



Fig. II.27 Variateur SEW MDX61B

II.3.2 Codification de la plaque signalétique

MDX61B0015-5A3-4-00

- MDX61 : série 61, options possibles.
- B : version B.
- 0015 : puissance moteur utile, 0015 = 1.5KW.
- 5 : tension de raccordement, 5 = AC 380 ... 500 V.
- A : antiparasitage côté réseau, A = niveau d'antiparasitage A.
- 3 : raccordement, 3 = triphasé.
- 4 : nombre de quadrants, 4 = 4Q (avec frein-hacheur).

- 00 : Exécution, 00 = exécution standard.

II.3.3 Caractéristiques de l'appareil

ENTREE		
Tension nominale réseau	$U_{rés}$	3* AC 380V – 500V
Fréquence réseau	$f_{rés}$	50Hz ... 60Hz \pm 5%
Courant nominal réseau (pour $U_{rés} = 3*AC\ 400V$)		AC 3,6 A AC 4,5A
SORTIE		
Puissance apparente de sortie	S_N	2,8 KVA
Courant nominal de sortie	I_N	AC 4A
Courant de sortie permanent	I_D	AC 5A
Limitation de courant	I_{max}	150% I_N en moteur et en générateur
Limitation interne de courant		$I_{max} = 0...150\%$ réglable
Résistance de freinage minimale en fonct. 4 quadrants		68 Ω
Tension de sortie	U_A	$U_{rés\ max}$
Fréquence de découpage	f_{PWM}	réglable : 4/8/12/16 kHz
Fréquence de sortie		0...400 Hz
Plage de vitesse	n_A	-6000...0...6000 min ⁻¹
Puissance moteur utile avec réserve de surcharge 1,5*I_N		1,5 KW
Puissance moteur utile sans réserve de surcharge		2,2 KW
GENERAL		
Pertes sous S_N	P_{VMAX}	85W
Débit d'air nécessaire		40 m ³ /h
Poids		3,5 Kg
Dimensions	L*H*P	105 mm * 314 mm * 234 mm
Couple de serrage		0,6 Nm

Tableau II.1 Caractéristiques techniques de l'appareil [6]

II.3.4 Modes de régulation du MOVIDRIVE 61B

On dispose de deux modes de régulation vectorielle VFC et CFC, ils permettent de piloter les servomoteurs et les moteurs asynchrones triphasés avec un dynamisme et une précision comparable à celles des moteurs à courant continu.

➤ **Le mode Current Flux Control (CFC)**

Le mode de régulation CFC avec retour codeur donne un grand dynamisme aux moteurs asynchrones standards et aux servomoteurs asynchrones avec des temps de réglage du couple particulièrement courts.

➤ **Le mode Voltage Flux Control (VFC)**

Sur des applications standards, les moteurs asynchrones, pilotés en mode VFC (avec ou sans retour codeur), fonctionnent avec un dynamisme et une constance de vitesse élevée.

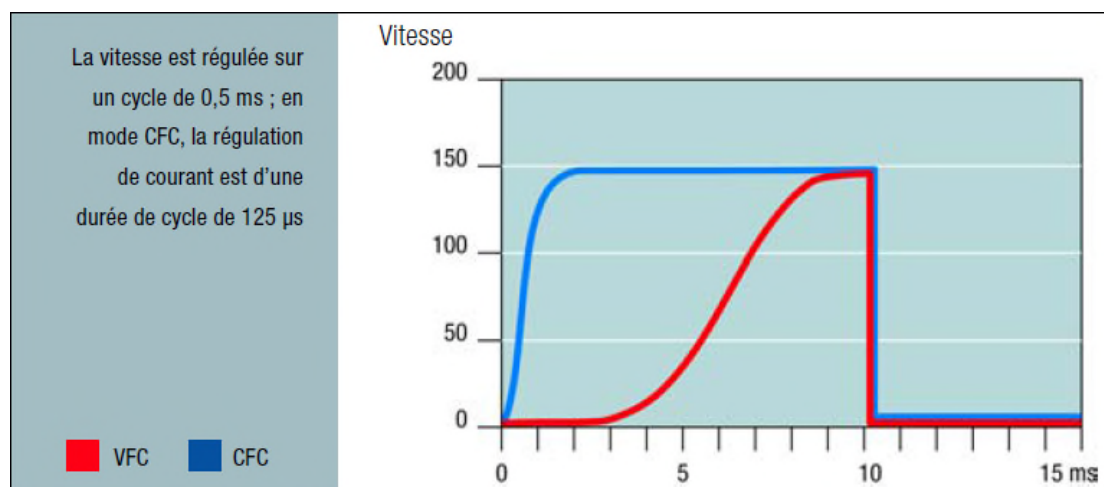


Fig. II.28 Vitesse de régulation des deux modes en fonction du temps

II.3.5 Les avantages du MOVIDRIVE 61B

- Variateur universel : peut être associé à un entraînement asynchrone triphasé ou à un servoentraînement synchrone.
- Large plage de puissance, de 0.55 à 315 KW.
- Fonctionnalités de base plus nombreuses grâce à plus d'entrées et de sorties dans le variateur.

- Concept modulaire.
- Fonction de sécurité « arrêt sécurisé » intégré.
- Module mémoire débrochable pour le transfert simple et rapide des données en cas d'intervention de service.
- Mise en route simplifiée grâce à l'association de la plaque signalétique électrique et d'un codeur HIPERFACE.
- Console de paramétrage avec afficheur matriciel et possibilité de choix parmi 15 langues.
- Accélérations sans à-coups, convient particulièrement aux applications sujettes aux oscillations.
- Nouvelles fonctionnalités dans la commande de positionnement IPOS^{plus} intégrée.

II.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu qu'un variateur de vitesse est constitué d'un redresseur servant à convertir la tension AC/DC, un circuit intermédiaire qui lisse le courant et régule la tension d'attaque de l'onduleur ce dernier délivre au moteur une grandeur variable en fréquence ou en amplitude. Par la suite nous avons présenté le variateur de vitesse MDX61B0015-5A3-4-00.

Chapitre III

Programmation et paramétrage

Chapitre III

Programmation et paramétrage

Chapitre III

Programmation et paramétrage

III.1 Introduction

Ce chapitre portera sur l'essentiel de notre travail au sein de l'entreprise. A savoir l'étude, la programmation et le paramétrage d'un variateur de vitesse SEW, et proposer un schéma électrique pour le montage du nouveau variateur dans la chaîne de production.

III.2 Raison de remplacement du variateur

Le variateur de vitesse devant toujours délivrer des performances optimales suivant l'évolution des chaînes de production, CEVITAL a décidé de remplacer les variateurs utilisés, travail que nous allons réaliser, pour les raisons que nous allons citer ci-dessous :

- Arrêt de production des variateurs SEW MKS51 et leurs non disponibilité sur le marché.
- Difficulté de maintenance due au manque de pièces de rechange.
- Rupture de stock au sein de l'entreprise.
- Lancement des variateurs de la série B sur le marché de technologie plus évoluée et offrant de meilleures performances techniques.

Le choix c'est naturellement porté sur le variateur SEW MDX61B, pour la fiabilité et la robustesse des produits de cette marque ce qui c'est vérifié par le fonctionnement parfait de l'ancien variateur et cela pendant plus d'une décennie, et plus principalement pour les multiples avantages qu'offre le MDX61B, avantages cités dans le chapitre passé.

III.3 Logiciels de programmation

Dans notre travail nous avons étudié deux logiciels de programmation, le **MD-SHELL** (utilisé pour programmer l'ancien variateur) à fin de récupérer le programme du MKS51 et connaître les tâches exactes du variateur. Le **MOVITOOLS** pour programmer le nouveau variateur (MDX61B).

III.3.1 MD-SHELL

MD-SHELL est un des premiers logiciels de programmation développé par la société SEW. Il permet de programmer et de paramétrer les anciennes versions des variateurs de vitesse telle que les variateurs de la série 51. Ce logiciel étant dépassé il sera remplacé en 2005 par une version plus évoluée appelée MOVITOOLS.

III.3.2 MOVITOOLS

III.3.2.1 Introduction

MOVITOOLS est un atelier logiciel pour l'ingénierie des appareils SEW qui permet de piloter les motorisations et de visualiser les processus. Cette dernière version sortie par la société SEW offre la possibilité de programmer, paramétrer et de diagnostiquer toutes les gammes de produits fabriqués par la société.

III.3.2.2 Caractéristiques de MOVITOOLS

- Mise en route et paramétrage aisés des entraînements.
- Fonction oscilloscope intégrée pour diagnostic des entraînements.
- Création de programmes et applications soit en langage évolué, soit en langage assembleur où à l'aide de l'interface de programmation graphique.
- Visualisation de l'état des appareils raccordés.
- Moniteur de bus.
- Pilotage des fonctions technologiques.
- Applicatifs préprogrammés pour diverses applications.
- Lecture des plaques signalétiques électroniques générales et celles des motoréducteurs SEW pour adaptation automatique du moteur.

III.3.2.3 Tâches du logiciel

L'atelier logiciel apporte la constance dans l'exécution des tâches suivantes :

- **Etablir la communication avec les appareils**

Pour établir la communication avec les appareils, l'atelier logiciel MOVITOOLS intègre le serveur de communication SEW (SECOS). Ce serveur sert à configurer les **canaux de communication**. Une fois configurés, les appareils communiquent via ces canaux de communication à l'aide de leurs options de communication. Quatre canaux de communication au maximum peuvent être exploités simultanément.

Les différents types de canaux de communication suivants sont possibles :

- Sériel (RS232, RS485) via convertisseur.
- Bus système (SBus) via convertisseur.
- Ethernet industriel.
 - Ethernet IP.
 - PROFINET IO.
 - EtherCAT.
- Bus de terrain.
 - PROFIBUS DP/DP-V1.
- S7-MPI.

- **Exécuter des fonctions avec les appareils**

L'atelier logiciel apporte la constance dans l'exécution des fonctions suivantes :

- Paramétrage (dans l'arborescence des paramètres de l'appareil).
- Mise en route.
- Diagnostic et visualisation des réglages des appareils.

III.3.2.4 Principe de fonctionnement du logiciel

L'illustration suivante présente le principe de fonctionnement de l'atelier logiciel MOVITOLS

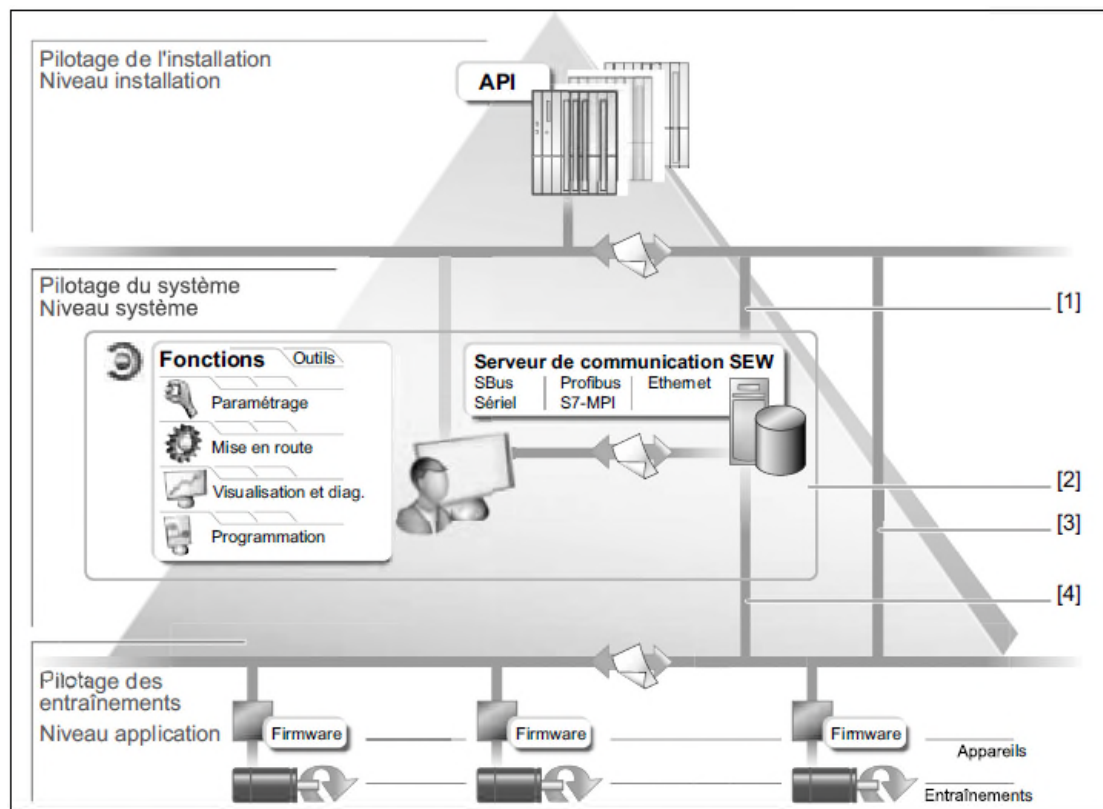


Fig. III.1 Principe de fonctionnement de l'atelier logiciel MOVITOOLS

- (1) Canal de communication pour bus de terrain ou Ethernet industriel.
- (2) Atelier logiciel MOVITOOLS avec serveur de communication SEW intégré.
- (3) Communication entre participants du bus ou du réseau Ethernet industriel.
- (4) Canal de communication via convertisseur avec le SBus ou Série.

III.3.2.5 Modes de communication

Le logiciel MOVITOOLS différencie les modes de communication « Online » et « offline ».

C'est l'utilisateur qui choisit le mode de communication. Selon le mode de communication sélectionné, le programme propose les outils Offline ou Online adaptés à l'appareil.

La figure suivante décrit les deux types d'outils.

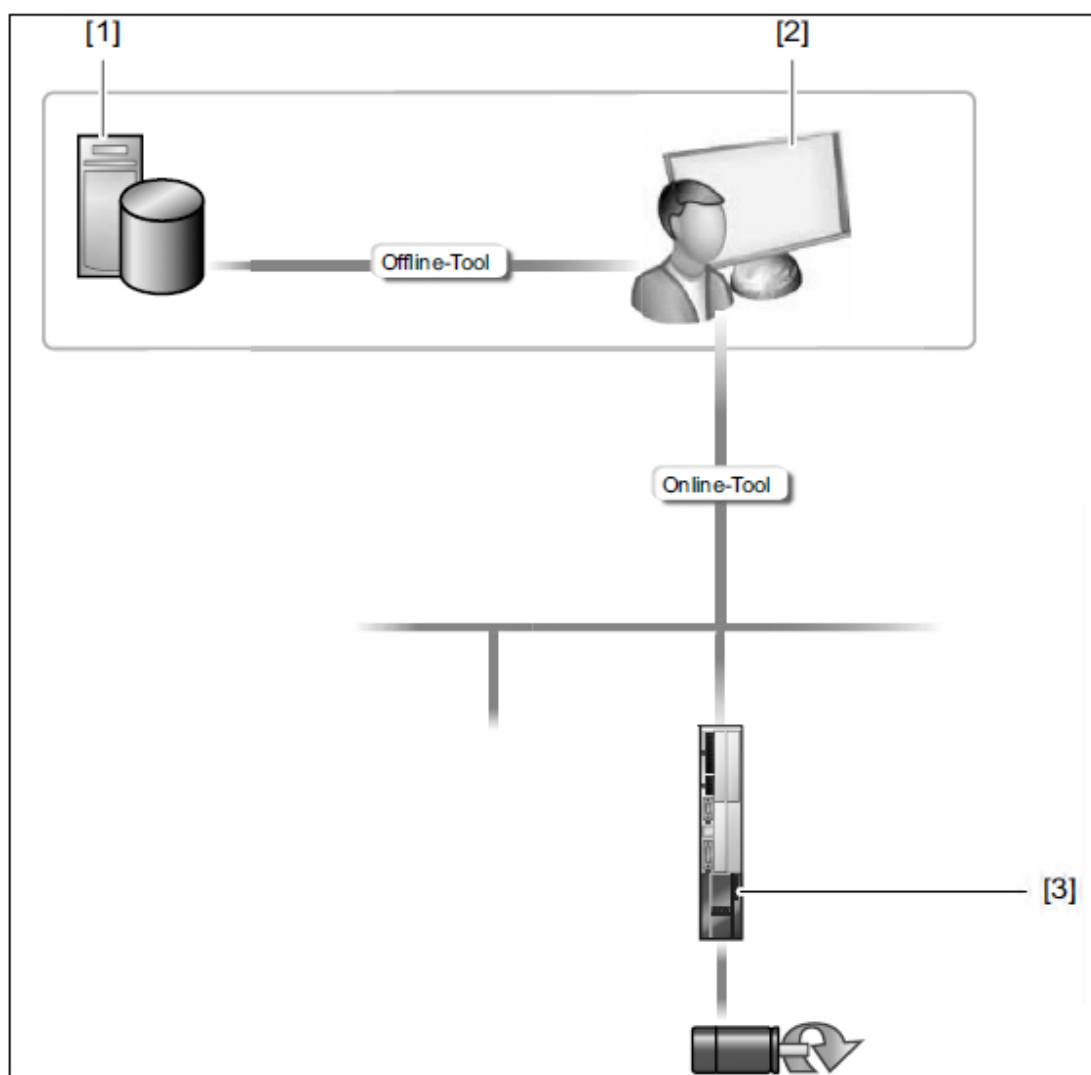


Fig. III.2 Communication offline et online

- **Outils offline :**

Les modifications réalisées avec des outils offline sont dans un premier temps « uniquement » actives dans la mémoire principale (2).

- Enregistrer le projet afin de sauvegarder de manière sûre les modifications sur le disque dur (1) du pc.
- Lancer un « téléchargement » pour transférer les modifications dans l'appareil (3).

- **Outils online :**

Les modifications réalisées avec des outils online sont dans un premier temps « uniquement » actives dans l'appareil (3).

- Lancer le « transfert » pour enregistrer les modifications dans la mémoire principale (2).
- Enregistrer le projet afin de sauvegarder de manière sûre les modifications sur le disque dur (1) du pc.

III.4 Partie programmation

III.4.1 Introduction

Après avoir étudié les logiciels servant à programmer les deux variateurs, nous avons entamé l'essentiel de notre travail à savoir récupérer le programme de l'ancien variateur, l'étudier pour enfin programmer et paramétrer le nouveau variateur en fonction du fonctionnement souhaité de la machine. Voici la démarche que nous avons suivie pour réaliser cela.

III.4.2 Procédure de récupération de l'ancien programme

La première étape consiste à charger le programme stocké dans le variateur MKS, pour se faire on a du suivre les étapes suivantes :

- Relier le variateur de vitesse et le pc au moyen de la liaison-série DB9.
- Vérifier l'adresse du variateur en appuyant sur la touche S1 (voir Annexe1).
- Ouvrir le logiciel MCD Manager.

- Choisir le port de communication (dans notre cas COM1).
- Choisir dans le logiciel l'adresse du variateur à connecter.
- Pour importer le programme : MD Shell > fichier > copie des données variateur.
- Enregistrer le programme sur le PC (de source vers fichier).

Pour plus de détails sur la procédure suivie (voir Annexe 2).

III.4.3 Etude du programme récupéré

Avant d'entamer la programmation du nouveau variateur, on a commencé par étudier le programme chargé instruction par instruction afin de comprendre son fonctionnement. Ce qui nous a permis de décrypter les séquences d'instructions suivies pour faire fonctionner la SFS selon les consignes délivrées par l'automate programmable.

Le programme agit principalement sur le positionnement du séquenceur et la vitesse de son déplacement. Le déplacement du séquenceur se fait par un moteur asynchrone pas à pas, la position du moteur suite à un déplacement est donnée par un encodeur intégré à l'intérieur de ce moteur. L'encodeur envoie au variateur la position exacte du moteur à savoir le sens de rotation de son arbre ainsi que le nombre de pas effectués, le variateur reçoit cette information et la compare à la consigne que lui envoie l'automate programmable, il déplace le séquenceur de manière à satisfaire la consigne et cela suivant une vitesse et une accélération prédéfinies dans la mémoire interne du variateur.

Le programme gère aussi les arrêts d'urgence telle qu'une surconsommation de courant ou une surchauffe du moteur, et retourne en conséquence des alarmes pour signaler à l'utilisateur d'éventuels défauts.

III.4.4 Programmation du variateur MDX61B

Après avoir étudié l'ancien programme, on a entamé notre travail en créant un nouveau projet en mode offline dans l'atelier logiciel MOVITOOLS (pour la procédure complète voir annexe 1). Ensuite dans l'assembleur IPOS, nous avons développé le programme ci-dessous :


```

SET      H481  = 4
SET      H0    = 94065
SET      H1    = 94065
SET      H2    = 94065
SET      H3    = 94065
SET      H20   = 10900
SET      H49   = 0
SET      H52   = 50
SET      H53   = 50
SET      H55   = 1000
SET      H59   = 1
SET      H60   = 1
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H50
SETSYS   POS. RAMP      = H54
M0 :JMP    LO I0000000111110000, M0
      JMP    HI I0000000000010000, M1
      JMP    HI I0000000000010000, M2
      JMP    HI I0000000000010000, M3
      JMP    HI I0000000000010000, M4
      JMP    HI I0000000000010000, M5
      JMP    UNCONDITIONED , M0
      SET    H480 = 61
M1 :SET    H480 = 0
      BCLR   H0 .0 = 0
      CALL   M6
      SET    H48 = H57
      JMP    H48 > 1 , M7
      GOA    WAIT #0000011000000000 inc
      JMP    UNCONDITIONED , M8
M7 :GOA    NOWAIT #0000011000000000 inc
      TOUCHP ENABLE1
M11 :JMP    NOT TP1 , M9
      GOTPH
      TOUCHP ENABLE1_HI
      JMP    UNCONDITIONED , M10

```

Offline ADDR: 0 4.2% 36 Progra

```

JMP      NOT IN POSITION, M11
SET      H480 = 32
M10 :GETSYS H49 = ACT.POSITION
WAITIO
JMP      H48 > 0 , M12
SET      H481 = 7
JMP      UNCONDITIONED , M0
M12 :JMP    H48 > 1 , M13
SET      H480 = 15
JMP      UNCONDITIONED , M0
M13 :JMP    H48 > 2 , M14
SET      H480 = 23
JMP      UNCONDITIONED , M0
M14 :SET    H480 = 31
JMP      UNCONDITIONED , M0
SET      H480 = 39
M2 :SET    H480 = 0
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H52
GOO      U, W, 2P
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H50
WAITIO
SET      H480 = 6
JMP      UNCONDITIONED , M0
SET      H481 = 1
M3 :SET    H481 = 0
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H52
SETSYS   SPLINE = H55
M15 :GETSYS H56 = ACT.POSITION
ADD      H56 + 512
GOA      NOWAIT H56
JMP      HI 10000000001000000, M15
WAITPOS
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H50
SETSYS   SPLINE = H54

```

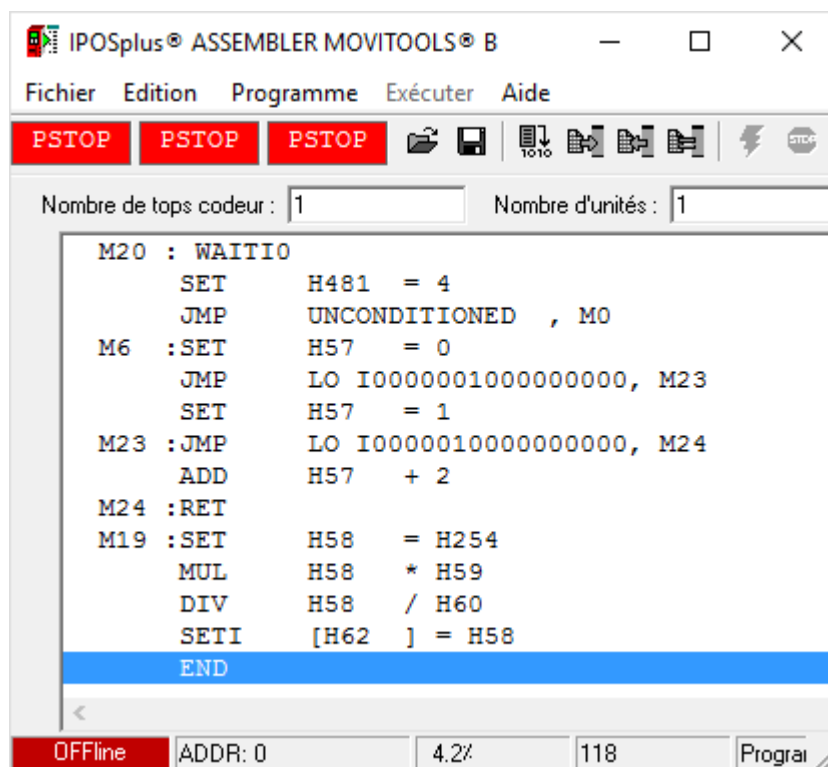
Offline ADDR: 0 4.2% 70 Prograr

```

JMP      UNCONDITIONED  , M16
SET      H481  = 1
M4 :SET   H481  = 0
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H53
SETSYS   SPLINE           = H55
M17 :GETSYS H56  = ACT.POSITION
SUB      H56  - 512
GOA      NOWAIT H56
JMP      HI I000000000100000000, M17
WAITPOS
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H50
SETSYS   SPLINE           = H54
M16 :GETSYS H80  = ACT.POSITION
DIV      H80  / H0
MUL      H80  * H0
GETSYS   H81  = ACT.POSITION
SUB      H81  - H80
SETSYS   ACT. POSITION    = H81
JMP      UNCONDITIONED  , M0
SET      H481  = 4
M5 :SET   H481  = 0
CALL     M6
JMP      H57  > 0          , M18
SET      H62  = 13
CALL     M19
JMP      UNCONDITIONED  , M20
M18 :JMP   H57  > 1          , M21
SET      H50  = H254
SET      H51  = H254
SETSYS   POS.SPEED C(C)W = H50
JMP      UNCONDITIONED  , M20
M22 :JMP   H57  > 3          , M20
SET      H62  = 61
CALL     M19
SETSYS   ACT. POSITION    = H61

```

Offline ADDR: 0 4.2% 105 Progra



Ce programme a été développé de façon à respecter exactement le même fonctionnement de la machine, en effet, la migration consiste exclusivement à remplacer le variateur de vitesse et de le programmer de manière à ne pas affecter le fonctionnement habituel du système.

III.4.5 Paramétrage du variateur

Après avoir programmé le variateur, on est passé à l'étape suivante qui est le paramétrage. Paramétrer le variateur c'est fixer toutes les consignes propres à la manière d'exécuter les actions, tel que les vitesses, les accélérations et les décélérations du déplacement du séquenceur. Le fichier des paramètres contient aussi toutes les limitations de courant de démarrage, de courant nominal, tension d'alimentation et la réaction du variateur face aux défauts.

Les figures ci-dessous montrent un échantillon de paramètres fixés pour le bon fonctionnement de la machine.

Paramètres MOVIDRIVE®B\Consignes et rampes accélération / décélération\Rampes de vitesse 1

130 Rampe t11 acc. DROITE	[s]	0.10
131 Rampe t11 déc. DROITE	[s]	0.10
132 Rampe t11 acc. GAUCHE	[s]	0.10
133 Rampe t11 déc. GAUCHE	[s]	0.10
134 Rampe t12 acc.=déc.	[s]	10.00
135 Rampe en St12		désactivé(e) ▼
136 Rampe d'arrêt t13	[s]	0.10
137 Rampe arrêt d'urgence t14	[s]	0.02
138 Limitation de rampe en mode VFC		oui ▼
139 Surveillance rampe 1		désactivé(e) ▼

Paramètres MOVIDRIVE®B\Limitations et paramètres moteur\Limitations jeu 1

300 Vitesse de démarrage / d'arrêt 1	[tr/min]	40.0
301 Vitesse minimale 1	[tr/min]	15.0
302 Vitesse maximale 1	[tr/min]	3000.0
303 Courant max. autorisé 1	[%In]	111
304 Couple max.	[%In]	0

Paramètres MOVIDRIVE®B\Paramètres IPOS\Paramètres de déplacement IPOS

910 Gain P IPOS		0.50
911 Rampe IPOS 1	[s]	1.00
912 Rampe IPOS 2	[s]	1.00
913 Vitesse moteur DROITE	[tr/min]	1500.0
914 Vitesse moteur GAUCHE	[tr/min]	1500.0
915 Anticipation de vitesse	[%]	100.0
916 Forme rampe IPOS		Linéaire ▼
917 Mode rampe IPOS		Mode 1 ▼
918 Source consigne de bus	H	499

Pour les figures du reste des paramètres voir annexe 2.

III.4.6 Transfert du programme dans le nouveau variateur

Une fois le programme et la liste des paramètres achevés, on doit les charger dans la mémoire EEPROM du nouveau variateur. Pour se faire il faut suivre la procédure suivante :

- Relier le variateur de vitesse au PC en choisissant un mode de communication dans notre cas une liaison USB.
- Ouvrir le logiciel MOVITOOLS.
- Passer en mode online.
- Spécifier le mode de communication des données : Réseau > Raccordement de communication > dans la fenêtre qui s'affiche choisir USB.
- Pour envoyer le programme : Gérer les jeux de paramètres > Transférer le jeu de paramètres dans l'appareil ou depuis l'appareil > Transfert (fichier vers appareil).

Après la fin du transfert, le variateur de vitesse est immédiatement fonctionnel. Il ne reste plus qu'à le débrancher du pc et a le mettre en marche.

III.4.7 Schéma de branchement proposé

La ligne sur laquelle on a travaillé ne pouvant pas être stoppée actuellement pour des raisons économiques et la satisfaction de la demande en produit, nous n'avons pas eu l'occasion de remplacer le variateur de vitesse. Par contre, nous avons réalisé un essai à vide sur le variateur de vitesse pour vérifier le bon fonctionnement du programme. Comme le branchement des deux variateurs n'étant pas compatible, on a du proposer un schéma de branchement pour le nouveau variateur. La figure ci-dessous montre le schéma électrique de branchement de l'ancien variateur.

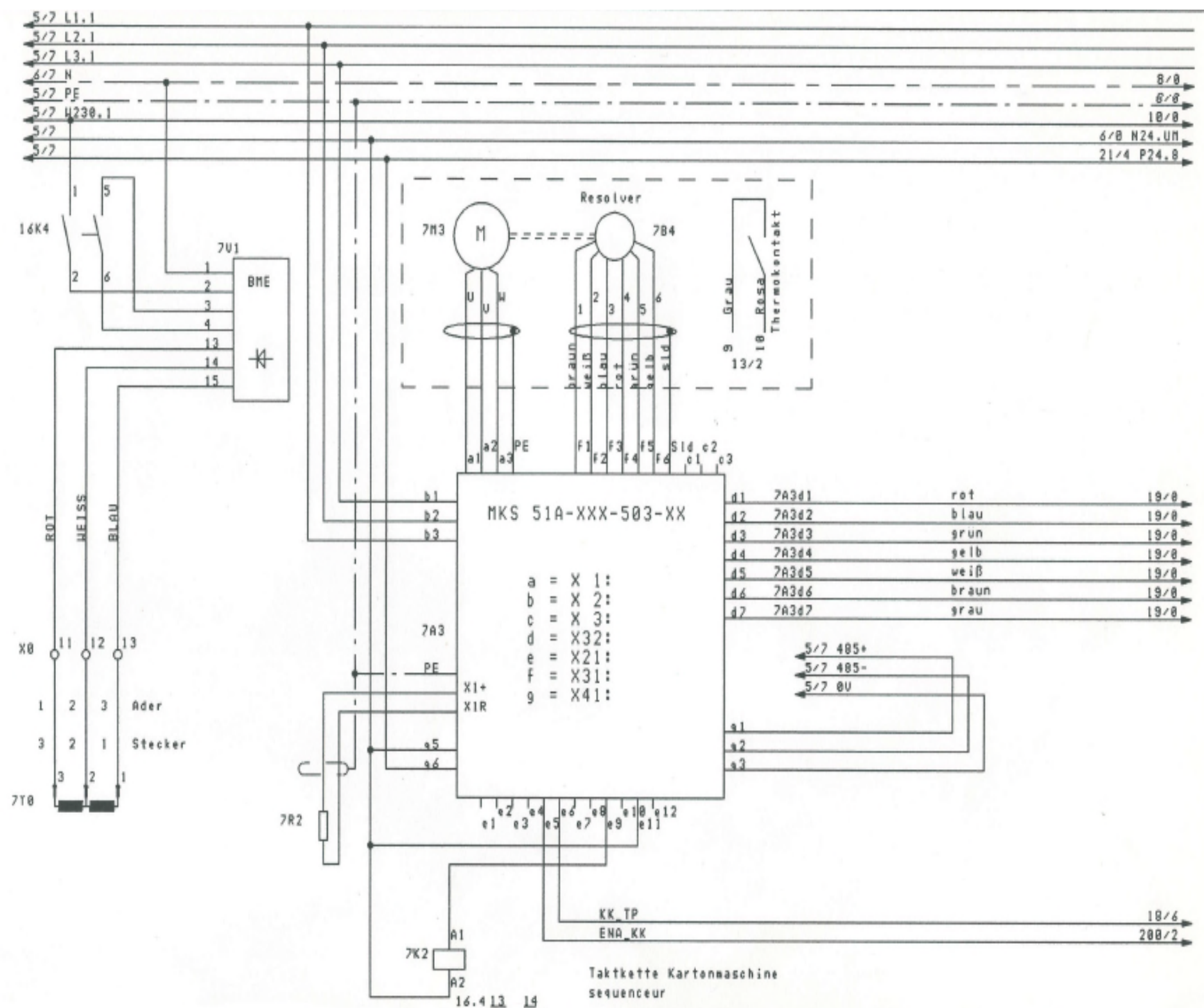


Fig. III.3 Schéma électrique de branchement du MKS51

En se basant sur le schéma de la figure III.3, et en étudiant les entrées/sorties ainsi que les différents éléments reliés au variateur de vitesse, nous avons abouti au schéma illustré dans la figure III.4.

Ceci est le schéma électrique pour le branchement optimal du nouveau variateur.

Pour le variateur utilisé (taille 1), n'y a pas de borne pour le raccordement PE à côté des bornes de raccordement réseau et de raccordement moteur (X1, X2). On utilise alors la borne PE située à côté de celle pour le raccordement du circuit intermédiaire X4.

Le module d'amortissement DCD12A sert à amortir le courant continu dans le circuit intermédiaire des variateurs MOVIDRIVE. Les variateurs de vitesse doivent être raccordés entre eux par un module DCD12A via leurs bornes X4:8 (+U_z).

Le déclenchement du contact température interne doit faire retomber K11 et la borne DIØØ « verrouillage » doit recevoir un signal « 0 ». Le circuit de la résistance ne doit pas être interrompu.

DIØØ : entrée binaire figée sur « verrouillage ».

DGND : Potentiel de référence.

DBØØ : sortie binaire figée sur frein, capacité de charge DC 150 mA max. (protégée contre les courts circuits et les tensions inverses jusqu'à DC 30V).

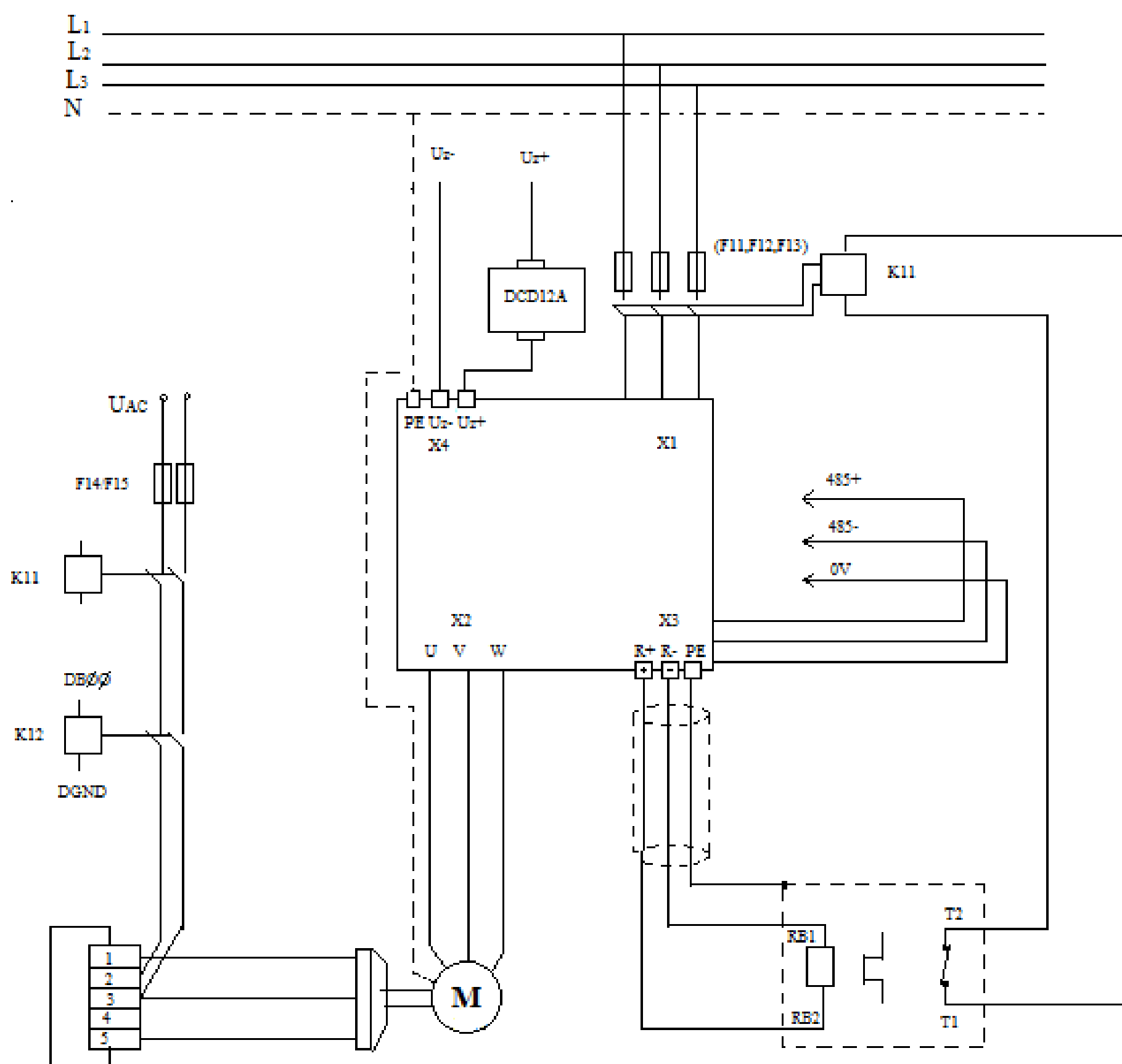


Fig. III.4 Schéma électrique de branchement du MDX61B

III.4.8 Essai à vide

Sachant que l'atelier logiciel MOVITOOLS n'intègre aucun simulateur ni aucune fonction permettant d'exécuter le programme, le seul moyen de vérifier le bon fonctionnement du programme est de faire un essai à vide sur le variateur de vitesse.

Pour cet essai, nous avons alimenté le variateur de vitesse MDX61B avec une source de tension triphasée, puis chargé le programme dans la mémoire EEPROM du variateur (suivant les étapes décrites précédemment).

Une fois le variateur mis en marche, la vérification se fait en mesurant les signaux de sortie du variateur à l'aide d'un multimètre. Les valeurs des tensions mesurées comme 12V pour les sorties X16:3, X16:4, X16:5 et 5V pour les sorties X10:3, X10:4, X10:5, X10:6, X10:7 nous permet de déduire que le programme s'exécute sans faute à l'intérieur du variateur.

Pour vérifier le fonctionnement exact du programme (régulation de vitesse et la précision du positionnement), il faudrait intégrer le variateur à la chaîne de production et de faire les derniers ajustements si nécessaire.

III.5 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons programmé et paramétré le variateur de vitesse MDX61B de façon à respecter le cahier de charge imposé par le fonctionnement habituel de la machine, et proposé un schéma électrique pour le branchement du variateur.

Conclusion Générale

Notre travail a été consacré à la présentation d'une étude sur le comportement du variateur de vitesse, ce qui nous a amené d'une part à classer les différents procédés permettant de faire varier la vitesse, et d'autre part à citer les types de variateurs de vitesse et leur structure interne.

Nous avons relevé les caractéristiques des deux variateurs utilisés, puis nous avons programmé et paramétré le nouveau variateur et proposé un schéma électrique pour son branchement.

Les équipements industriels utilisent de plus en plus d'entraînement à vitesse variable, pour obtenir une vitesse désirée à chaque dispositif entraîné, ceci est dû aux progrès de l'automatisation qui nécessite la possibilité d'asservir la vitesse des moteurs.

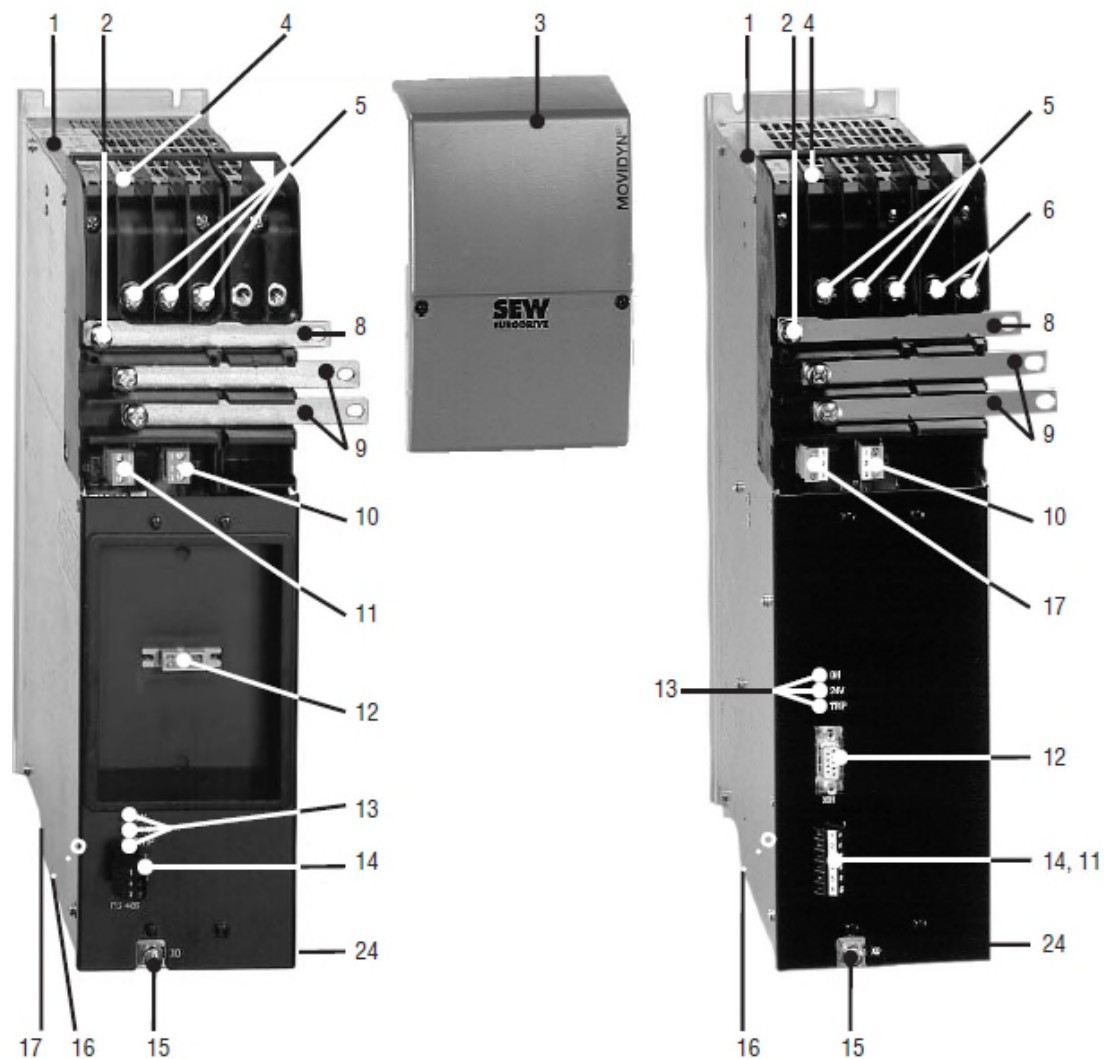
Le MDX61B est un variateur de vitesse utilisant le logiciel MOVITOOLS pour sa programmation et son paramétrage. L'étude faite sur le programme récupéré de l'ancien variateur nous a permis de mener à bien ce travail.

Le programme développé et le schéma électrique de branchement proposé ont été tous les deux approuvés par Mr Hammache notre encadreur et automaticien au sein de l'entreprise.

Comme perspective nous espérons que ce travail constituera un point de départ et un élément d'appui pour la migration des autres variateurs de vitesse de marque SEW.

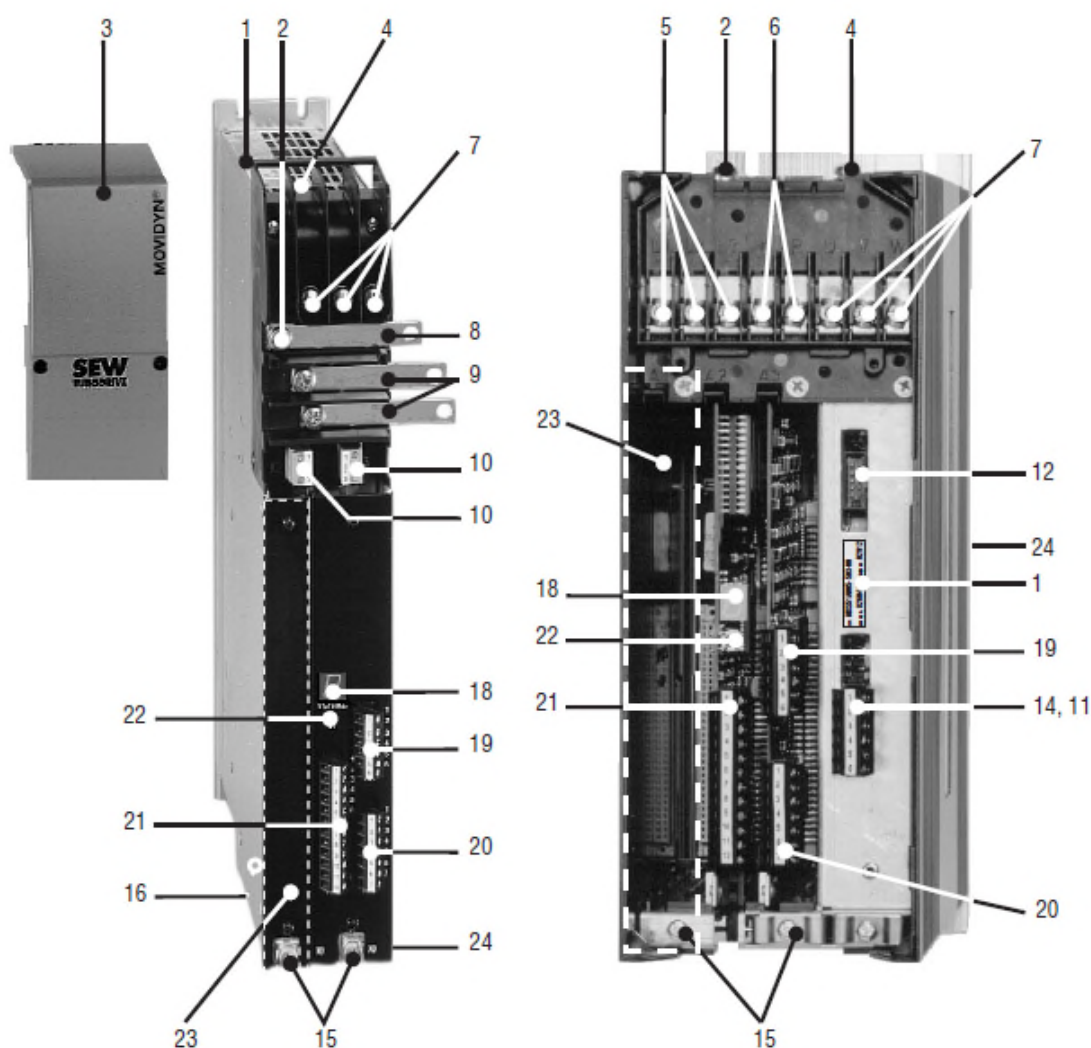
Annexe 1

Composition des modules MPR/MPB



- 1 Plaque signalétique
- 2 Raccordement mise à la terre
- 3 Capot de protection
- 4 Raccordement blindage
- 5 Raccordement réseau (X1 ; MPx : 1, 2, 3 ; MKS : L1, L2, L3)
- 6 Raccordement résistance de freinage (MPB : X4 ; MKS : X1 ; +, R)
- 7 Raccordement moteur DFS/DFY (X1 ; MAS : 1, 2, 3 ; MKS : U, V, W)
- 8 Barre mise à la terre
- 9 Barre circuit intermédiaire (X1)
- 10 Bus 24 V (MPx : X3 (sortie) ; MAS : X2 (entrée) ; X3 (sortie))
- 11 Raccordement 24 V externe (MPR : X2 ; MPB : X02 (5, 6) ; MKS : X41 (5, 6))
- 12 MKS : X2/MPR : X01 : pour raccordement ABG 11 ou USS 11A ; MPB : X01 : liaison-série RS-232
- 13 Signalisations d'états (diodes lumineuses)

Composition des modules MAS/MKS

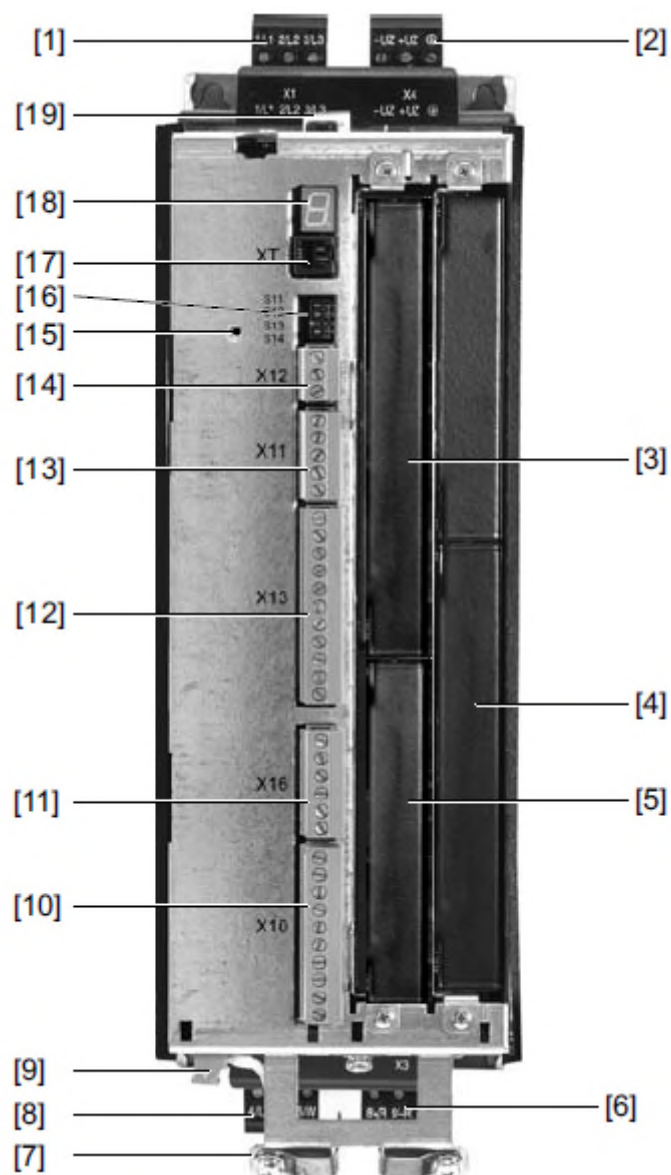


- 14 Liaison-série RS-485 (MPR : X02 ; MPB : X02 (1, 2, 3) ; MKS : X41 (1, 2, 3))
- 15 Raccordement blindage (liaisons vers l'électronique) (X0)
- 16 Connecteur bus de données (partie inférieure de l'appareil) (X5)
- 17 Raccordement ventilateur du radiateur (MPR : X6 ; MPB : X2)
- 18 Afficheur 7 segments
- 19 Raccordement resolver (X31)
- 20 Sortie simulation codeur (X32)
- 21 X21 : sortie 10 V (1, 4), entrée analogique différentielle (2, 3), entrées binaires (5 ... 8), sorties binaires (9, 10), sortie 24 V (11, 12)
- 22 Touche S1
- 23 Logement pour carte option
- 24 Etiquette d'identification

MKS : Représentation sans capot de protection

Composition de l'appareil

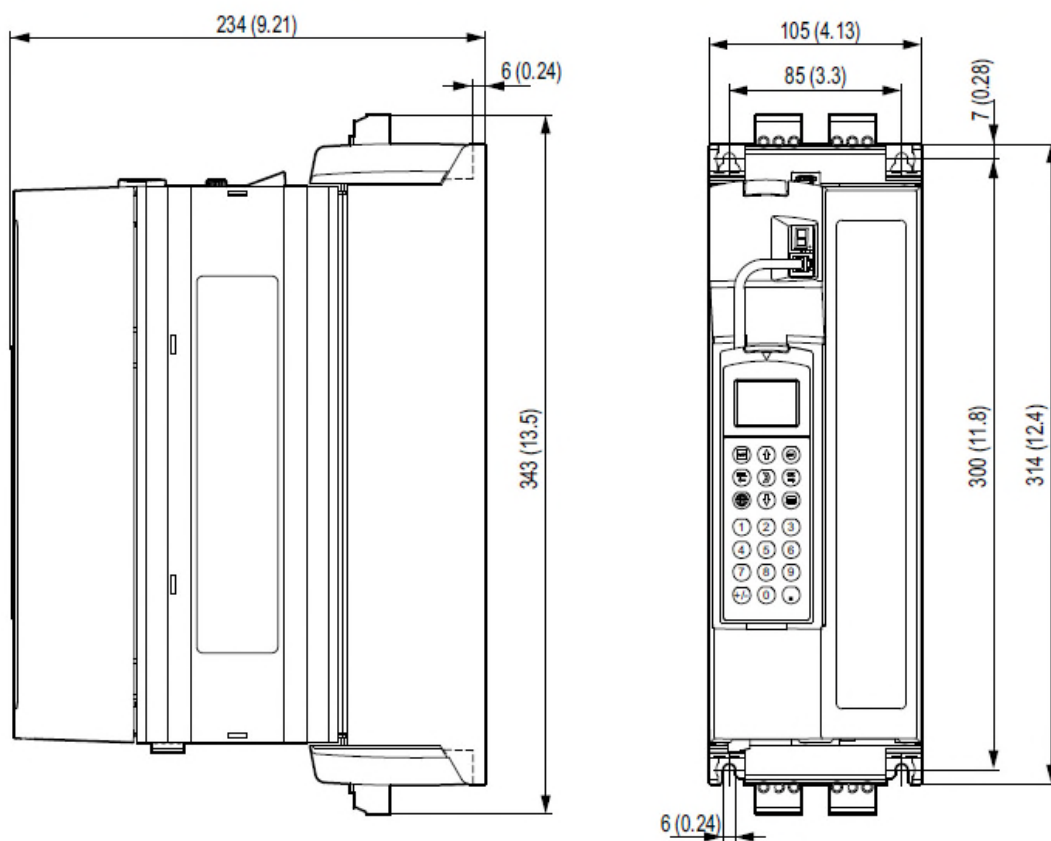
MDX61B-5A3 (appareils AC 400/500 V) : 0015 ... 0040



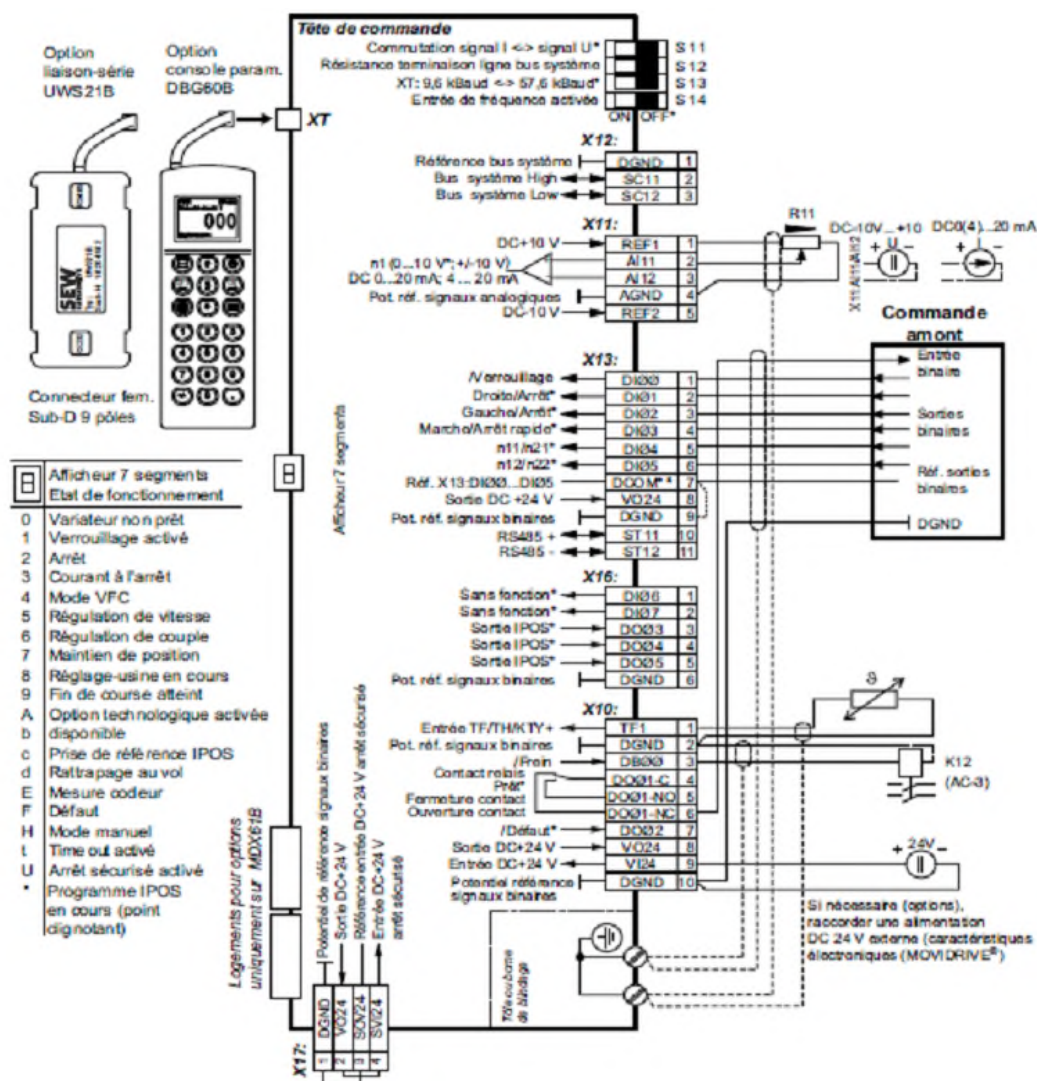
- [1] X1 : raccordement au réseau 1/L1, 2/L2, 3/L3, débrochable
 - [2] X4 : raccordement circuit intermédiaire $-U_Z + U_Z$, débrochable
 - [3] Logement pour carte bus de terrain
 - [4] Logement pour carte extension
 - [5] Logement pour carte codeur
 - [6] X3 : raccordement résist. de freinage 8/+R, 9/-R et raccordement PE, débrochable
 - [7] Etrier de blindage de l'électronique et raccordement PE
 - [8] X2 : Raccordement moteur 4/U, 5/V, 6/W et raccordement PE, débrochable
 - [9] X17 : bornier de raccordement contacteurs de sécurité pour arrêt sécurisé

 - [10] X10 : bornier de raccordement sorties binaires et entrée sondes thermiques TF/TH
 - [11] X16 : bornier de raccordement entrées et sorties binaires
 - [12] X13 : bornier de raccordement entrées binaires et interface RS485
 - [13] X11 : bornier de raccordement entrée de consigne AI1 et tension de référence 10 V
 - [14] X12 : bornier de raccordement bus système (SBus)
 - [15] Taraudage pour vis de mise à la terre M4×8 ou M4×10
 - [16] Interrupteurs DIP S11 ... S14
 - [17] XT : bornier pour console de paramétrage DBG60B ou liaison-série UWS21B
 - [18] Afficheur 7 segments
-

L'illustration suivante présente les cotes en mm (in) d'un MDX61B en taille 1.



Bornes de raccordement pour signaux de commande



Fonction des bornes du variateur (module de puissance et tête de commande)

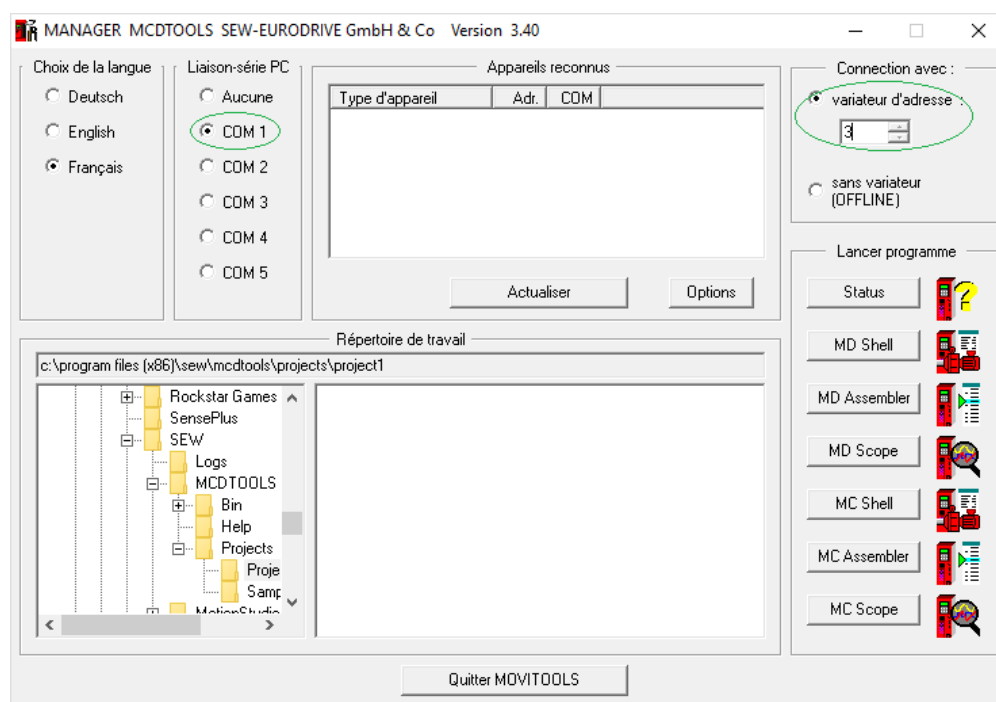
Borne		Fonction
X1:1/2/3 X2:4/5/6 X3:8/9 X4 :	L1/L2/L3 (PE) U/V/W (PE) +R/-R (PE) +U _Z /-U _Z (PE)	Raccordement réseau Raccordement moteur Raccordement résistance de freinage Raccordement circuit intermédiaire
S11: S12: S13: S14:		Commutation signal I DC (0(4)...20 mA) ↔ signal U (-10 V...0...10 V, 0...10 V), réglage-usine = U Activer / désactiver la résistance de terminaison de ligne du bus système, réglage-usine = désactivée Régler la fréquence de transmission pour l'interface RS485 XT Choix entre 9,6 ou 57,6 kBaud ; réglage-usine = 57,6 kBaud Activer / désactiver l'entrée de fréquence, réglage-usine = désactivée
X12:1 X12:2 X12:3	DGND SC11 SC12	Potential de référence bus système Bus système High Bus système Low
X11:1 X11:2/3 X11:4 X11:5	REF1 AI11/12 AGND REF2	DC+10 V (max. DC 3 mA) pour potentiomètre de consigne Entrée consigne n1 (entrée différentielle ou avec référence AGND), forme du signal → P11_ / S11 Potentiel de référence pour signaux analogiques (REF1, REF2, AI..., AO...) DC-10 V (max. DC 3 mA) pour potentiomètre de consigne
X13:1 X13:2 X13:3 X13:4 X13:5 X13:6	DI00 DI01 DI02 DI03 DI04 DI05	Entrée binaire 1, figée sur "Verrouillage" Entrée binaire 2, réglage-usine : "Droite/Arrêt" Entrée binaire 3, réglage-usine : "Gauche/Arrêt" Entrée binaire 4, réglage-usine : "Marche/Arrêt" Entrée binaire 5, réglage-usine : "n11/n12" Entrée binaire 6, réglage-usine : "n12/n22"
		<ul style="list-style-type: none"> Les entrées binaires sont isolées galvaniquement grâce à des optocoupleurs Programmation des entrées binaires 2 à 6 (DI01...DI05) → menus P60_
X13:7	DCOM	Référence pour entrées binaires X13:1 à X13:6 (DI00...DI05) et X16:1/X16:2 (DI06...DI07) <ul style="list-style-type: none"> Commande des entrées binaires par DC+24 V externe : ponter X13:7 (DCOM) avec potentiel de référence de la tension externe <ul style="list-style-type: none"> sans pontage X13:7-X13:9 (DCOM-DGND) → entrées binaires hors potentiel avec pontage X13:7-X13:9 (DCOM - DGND) → entrées binaires avec potentiel Commande des entrées binaires par DC+24 V de X13:8 ou X10:8 (VO24) → Pontage X13:7-X13:9 (DCOM-DGND) obligatoire
X13:8 X13:9 X13:10 X13:11	VO24 DGND ST11 ST12	Source tension auxiliaire DC+24 V interne (charge max. de X13:8 et X10:8 = 400 mA) pour éléments de commande externes Potentiel de référence pour signaux binaires RS485+ (fréquence de transmission figée sur 9,6 kBaud) RS485 -
X16:1 X16:2 X16:3 X16:4 X16:5 X16:6	DI06 DI07 DO03 DO04 DO05 DGND	Entrée binaire 7, réglage-usine : "Sans fonction" Entrée binaire 8, réglage-usine : "Sans fonction" Sortie binaire 3, réglage-usine : "Sortie IPOS" Sortie binaire 4, réglage-usine : "Sortie IPOS" Sortie binaire 5, réglage-usine : "Sortie IPOS" Ne pas appliquer de tension externe aux sorties binaires X16:3 (DO03) à X16:5 (DO05) ! Potentiel de référence pour signaux binaires
		<ul style="list-style-type: none"> Les entrées binaires sont isolées galvaniquement grâce à des optocoupleurs Programmation des entrées binaires 7 et 8 (DI06/DI07) → menus P60_ Programmation des entrées binaires 3 à 5 (DO03...DO05) → menus P62_
X10:1 X10:2 X10:3 X10:4 X10:5 X10:6 X10:7	TF1 DGND DB00 DO01-C DO01-NO DO01-NC DO02	Raccordement KTY+/TF/TH (ponter avec X10:2 via TF/TH), réglage-usine : "Sans réaction" (→ P835) Potentiel de référence pour signaux binaires / KTY- Sortie binaire DB00, figée sur "Frein", capacité de charge : DC 150 mA max. (protégée contre les courts-circuits et les tensions inverses jusqu'à DC 30 V) Contact de relais commun pour sortie binaire 1, réglage-usine : "Prêt" Sortie binaire 1, contact à fermeture, capacité de charge des contacts max. DC30 V et 0,8 A Sortie binaire 1, contact à ouverture Sortie binaire DB02, réglage-usine : "Défaut", capacité de charge : DC 50 mA max. (protégée contre les courts-circuits et les tensions inverses jusqu'à DC 30 V). Programmation des sorties binaires 1 et 2 (DO01 et DO02) → menus P62_ Ne pas appliquer de tension externe aux sorties binaires X10:3 (DB00) et X10:7 (DO02) !
X10:8 X10:9 X10:10	VO24 VI24 DGND	Source tension auxiliaire DC+24 V interne (charge max. de X13:8 et X10:8 = 400 mA) pour éléments de commande externes Entrée alimentation DC+24 V (tension de sauvegarde pour options, diagnostic du variateur en cas de coupure de l'alimentation) Potentiel de référence pour signaux binaires
X17:1 X17:2 X17:3 X17:4	DGND VO24 SOV24 SVI24	Potential de référence pour X17:3 Source tension auxiliaire DC+24 V interne, uniquement pour l'alimentation de X17:4 du même appareil Potentiel de référence pour entrée DC +24 V "Arrêt sécurisé" (contact de sécurité) Entrée DC +24 V "Arrêt sécurisé" (contact de sécurité)
XT		Uniq. interface de service. Logement pour option : DBG60B / UWS21B / USB11A

Annexe 2

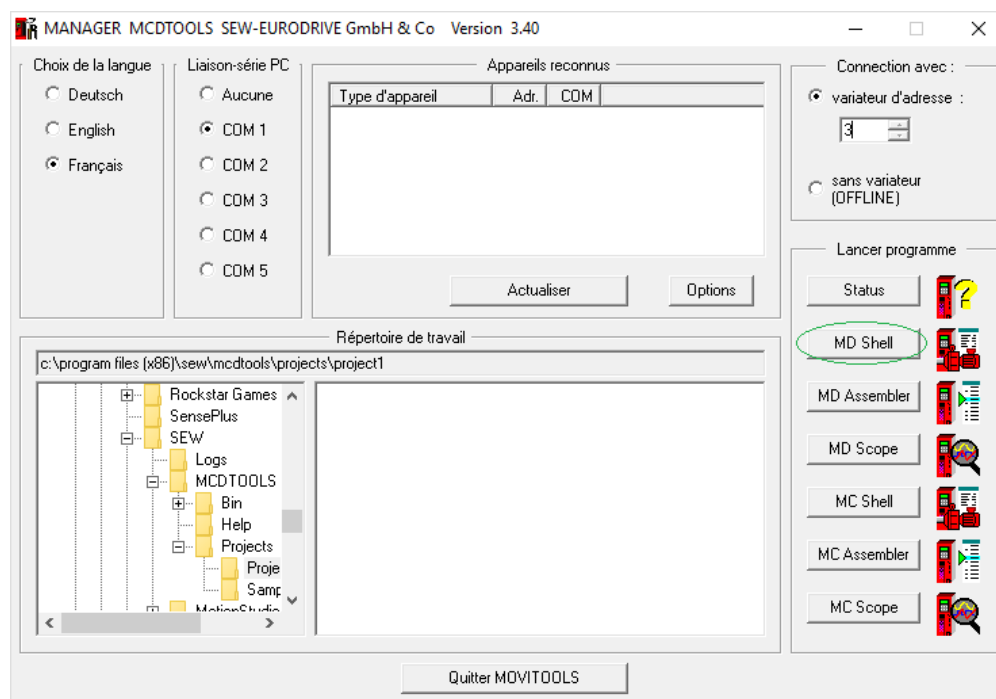
Annexe 2

Procédure de récupération de l'ancien programme

- Configuration de la communication

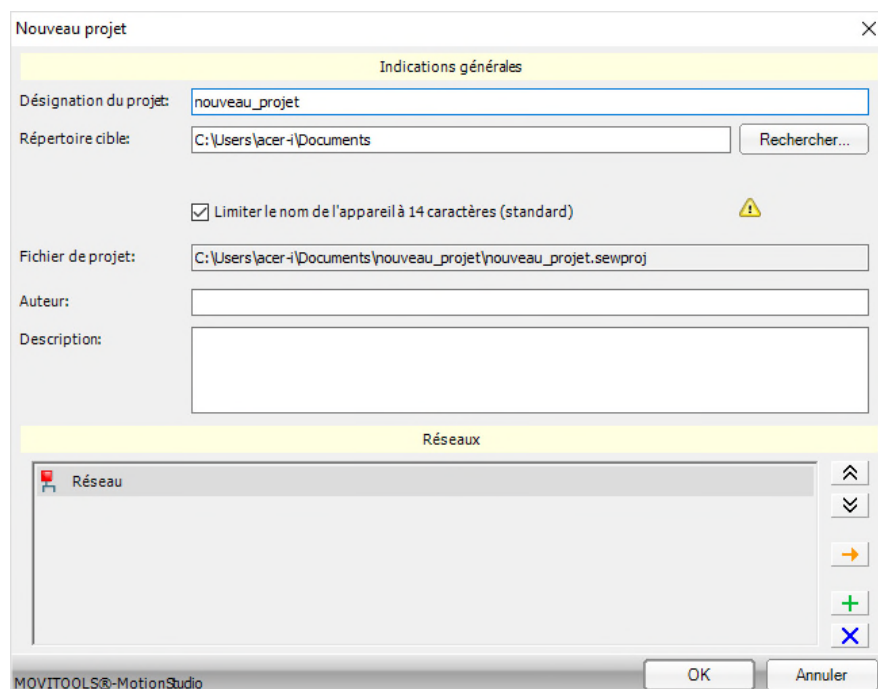
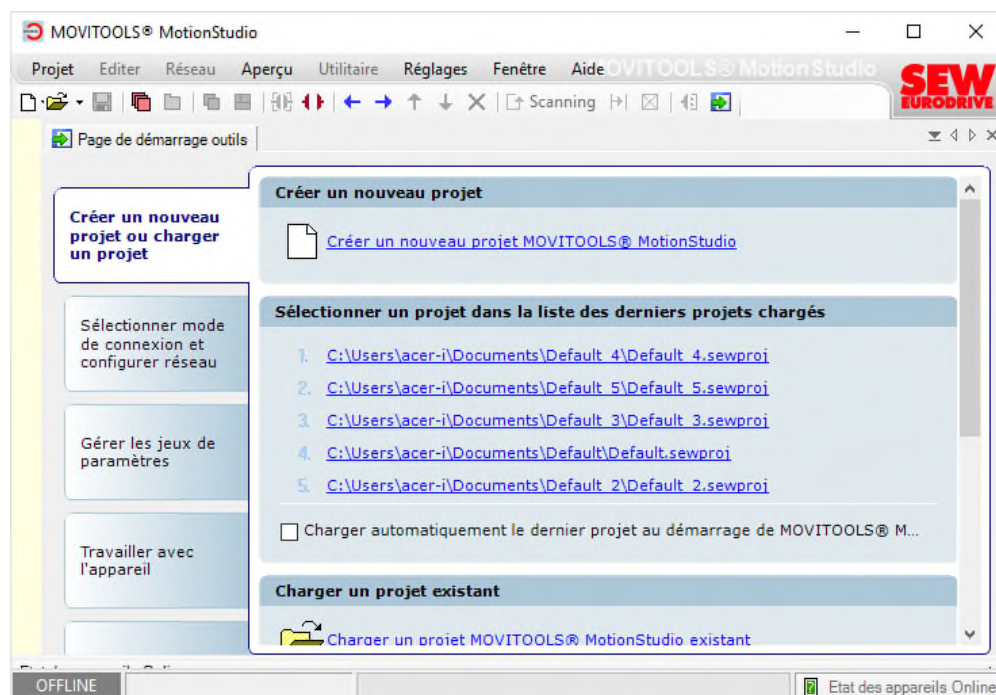


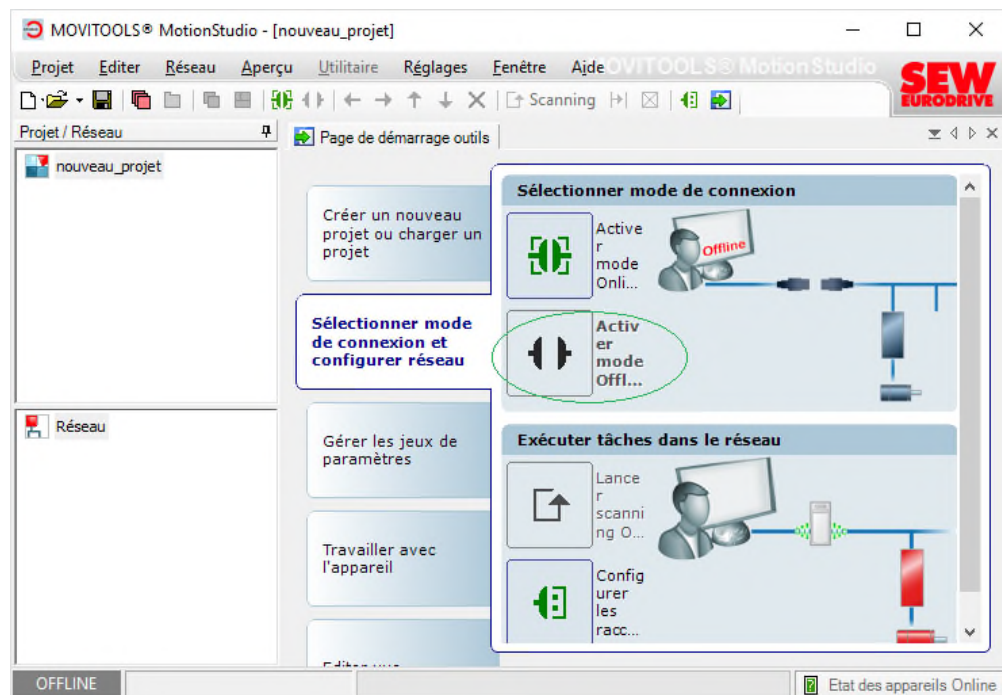
- Importation du programme



Pour l'importation du programme le variateur doit être connecté pour poursuivre les étapes. Fichier > copie des données variateur > de source vers fichier.

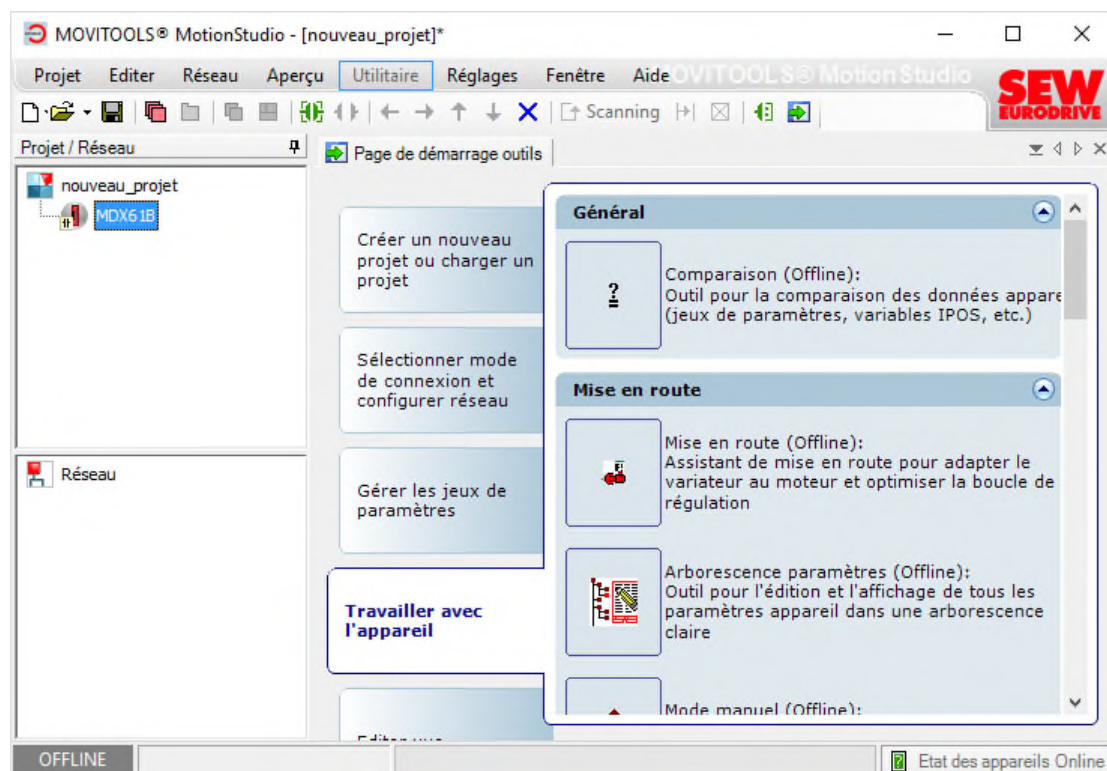
Procédure suivie pour programmes sous MOVITOOLS



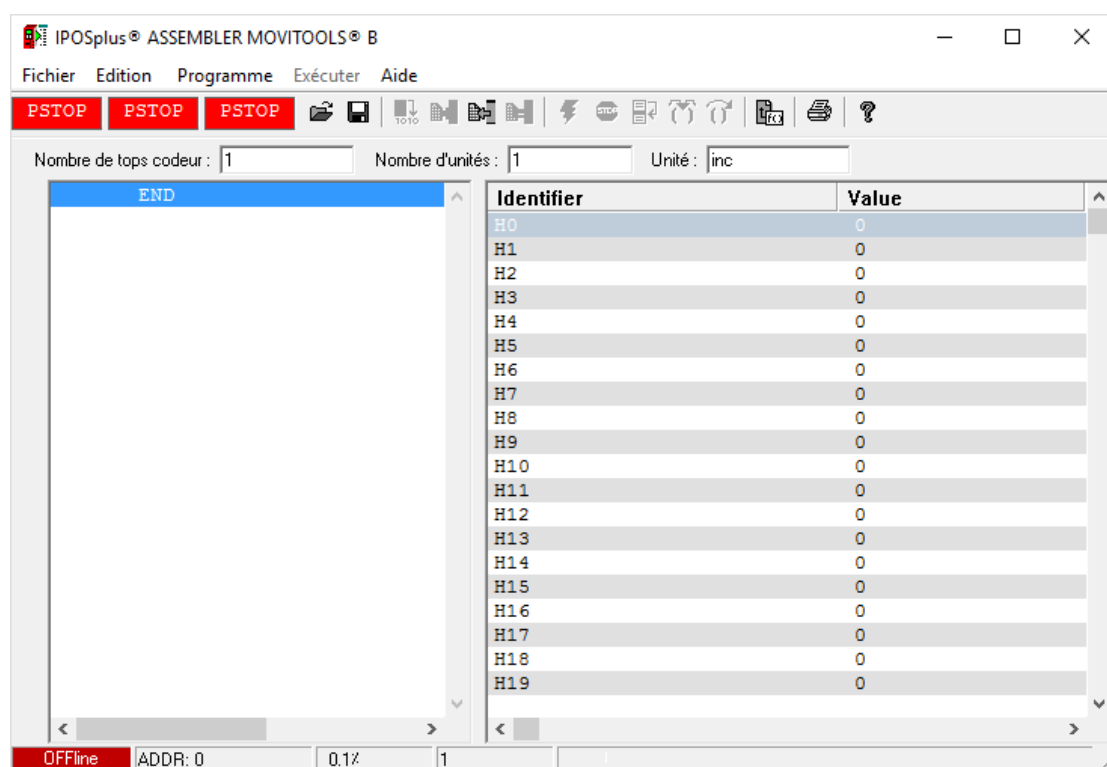


Editer > nouvel appareil



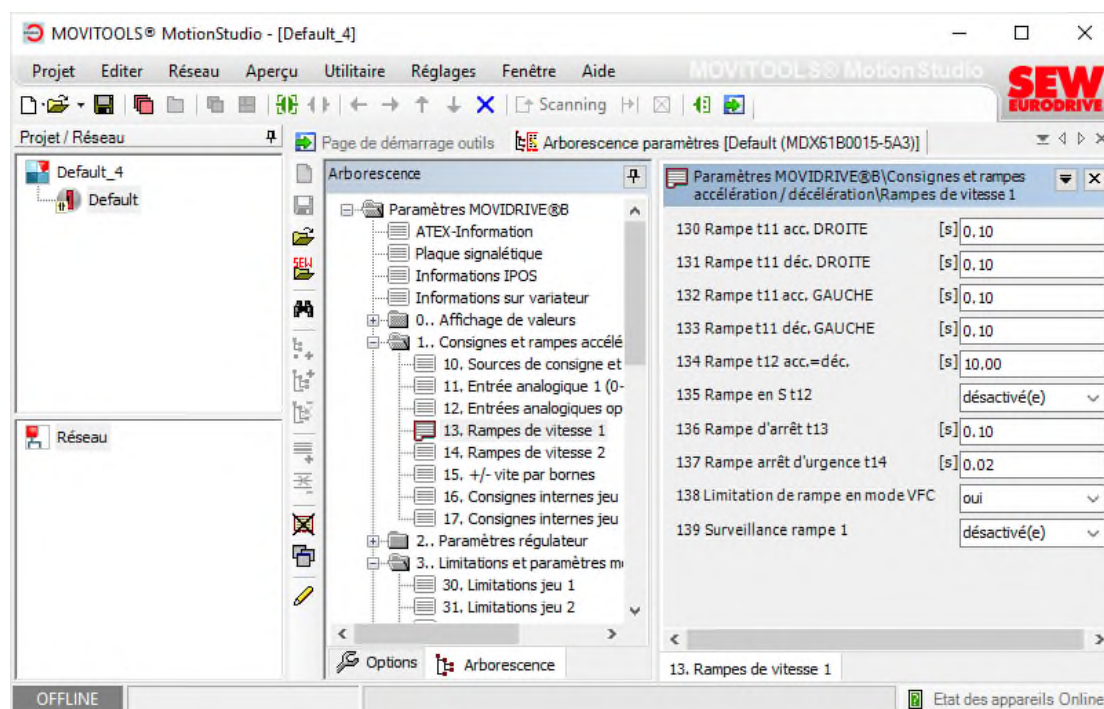
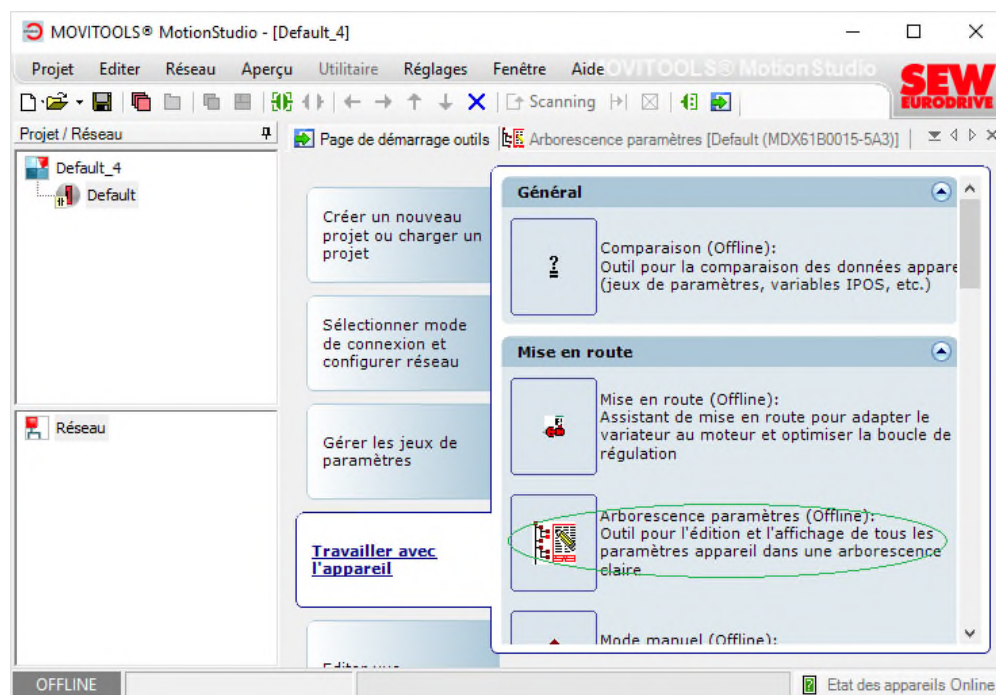


Sur l'appareil sélectionné : clic droit > programmation > assembleur IPOS (offline).



Il ne reste plus qu'à commencer la programmation en introduisant des instructions dans la fenêtre.

Paramétrage du variateur



Faire de même pour toute la liste des paramètres du variateur (428 paramètres).

Références Bibliographiques

- [1] Documentation technique CEVITAL « brochure d'accueil CEVITAL FOOD ». Année 2016.
- [2] Cahier technique n°280 : Démarreurs et variateurs de vitesse électroniques. Schneider Electric.
- [3] « Les variateurs de vitesse » (ascenseur technique)
<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11535>
- [4] L.HAMACHE et M.MEBARKI « Etude d'un moteur asynchrone alimenté par un variateur de vitesse ». Mémoire de fin d'études d'ingénieur en électrotechnique. Université A.MIRA Béjaïa. Année 2004.
- [5] N.IDIR et R.IFOURAH « Etude et dimensionnement d'un variateur de vitesse SEW ». Mémoire DEUA. Université A.MIRA Béjaïa. Année 2007.
- [6] Documentation technique catalogue MOVIDRIVE MDX60B /61B version 06/2012.
- [7] A.Daguemoune et H.Aissa « Etude et conception d'un système de commande à base d'un automate programmable industriel (A.P.I) pour le déviateur de bouteilles d'un litre d'huile (CEVITAL) ». Mémoire de fin d'études d'ingénieur en électromécanique. Université A.MIRA Béjaïa. Année 2006.
- [8] « L'essentiel sur les variateurs de vitesse » : New centring school book, DTP 1^{ère} édition 3^{ème} tirage 1999.

Liste des figures

N° figure	Nom de la figure	page
I.1	Production de margarine	7
I.2	Image de la remplisseuse/empaqueuse	9
I.3	Image de l'encartonneuse SFS 374	10
I.4	Capteur photoélectrique	12
I.5	Détecteur de proximité	13
I.6	Schéma de fonctionnement d'un capteur optique	14
I.7	Barrière infrarouge	15
I.8	Image de l'armoire de commande	17
II.1	Allure de la variation de vitesse	19
II.2	Régulation en boucle ouverte	20
II.3	Régulation en boucle fermée	21
II.4	Schéma d'un variateur de vitesse	22
II.5	Fonctionnement de la diode	23
II.6	Redresseur non commandé	23
II.7	Tension à ondulation résiduelle	24
II.8	Fonctionnement du thyristor	24
II.9	Redresseur commandé	25
II.10	Tension de sortie du redresseur	25
II.11	Circuit intermédiaire à courant continu variable	26
II.12	Circuit intermédiaire à tension continue constante ou variable	27
II.13	Circuit intermédiaire à tension variable	27
II.14	Onduleur pour tension intermédiaire variable ou continue	28
II.15	Onduleur pour courant intermédiaire continu variable	28
II.16	Mode de modulation en amplitude ou en largeur d'impulsion	30
II.17	Circuit intermédiaire à tension variable par le hacheur	31
II.18	Principe PWM à commande par sinusoïde	32
II.19	Fonctionnement U/F constant	34
II.20	Fonctionnement à couple constant sous une fréquence de 50Hz	34
II.21	Fonctionnement à couple constant	35
II.22	Topologie d'un onduleur en source de tension	36
II.23	Topologie d'un onduleur en source de tension	37

II.24	Convertisseur à six pas	37
II.25	Convertisseur à matrice directe	38
II.26	Convertisseur à cascade hypo-synchrone	38
II.27	Variateur SEW MDX61B	40
II.28	Vitesse de régulation des deux modes en fonction du temps	42
III.1	Principe de fonctionnement de l'atelier logiciel MOVITOOLS	47
III.2	Communication offline et online	48
III.3	Schéma électrique de branchement du MKS51	57
III.4	Schéma électrique de branchement du MDX61B	58