

I.INTRODUCTION

Le moteur asynchrone est un moteur électrique robuste, facile à mettre en œuvre, présentant un fort couple au démarrage et qui ne nécessite pratiquement aucun entretien. Ces avantages ont fait qu'il occupe aujourd'hui pratiquement 80% du parc des machines électriques.

Comme le moteur asynchrone est, en raison de son principe de fonctionnement, un moteur à vitesse unique, certaines applications nécessitant la variation de vitesse, lui ont été longtemps refusés malgré la recherche de solutions technologiques parfois innovantes.

C'était vrai jusqu'à l'apparition des convertisseurs statiques de puissance. En effet, de nos jours, grâce aux progrès de l'électronique de puissance (nouveaux transistors tels les IGBT) et de l'électronique de commande (commande numérique par micro processeur), la variation de vitesse est accessible à ce moteur.

On s'intéresse dans ce chapitre au variateur de vitesse pour moteur asynchrone.

II.PRINCIPE DE LA VARIATION DE VITESSE

La vitesse de synchronisme d'un moteur asynchrone triphasé dépend de la fréquence et du nombre de paire de pôle.

$$n_s = f/p \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} f : \text{fréquence en [Hz]} \\ p : \text{nbre de paires de pôles.} \\ n_s : \text{en [tr/s].} \end{array} \right.$$

Exemple: Pour un moteur asynchrone tétra polaire et à une fréquence $f=50\text{Hz}$.

$n_s = 25 \text{ tr/s}$ c'est à dire $n_s=1500 \text{ tr/mn}$.

Le moteur aura une vitesse de rotation inférieure à n_s . Pour exprimer l'écart entre vitesse de synchronisme et la vitesse du rotor, on définit le glissement

$$g = \frac{n_s - n}{n_s}$$

On en déduit que :

$$n = n_s \cdot (1 - g)$$

III.SYNOPTIQUE DES VARIATEURS DE VITESSE:

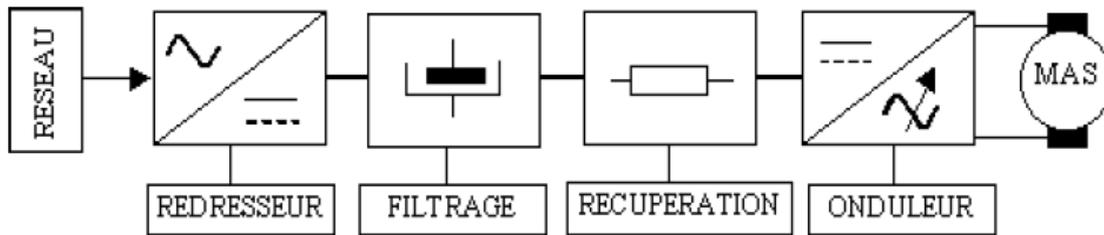


Fig. Synoptique des variateurs de vitesse

Redresseur: ici c'est un pont de diode triphasé qui permet de transformer la tension alternative en tension continue ondulé.

Filtrage: un condensateur de filtrage permettant d'éliminer les phénomènes d'ondulations de tensions en sorti du redresseur.

Récupération: ce système permet de transformer l'énergie mécanique lors du freinage du moteur en énergie calorifique dans les résistances de dissipation comme système de freinage.

Onduleur: Ce système est un pont redresseur tous thyristors qui permettent de transformer la tension continue en une tension alternative amplitude et fréquence variables. Tout en maintenant le rapport U/f constant.

SCHEMA DE PRINCIPE DU VARIATEUR:

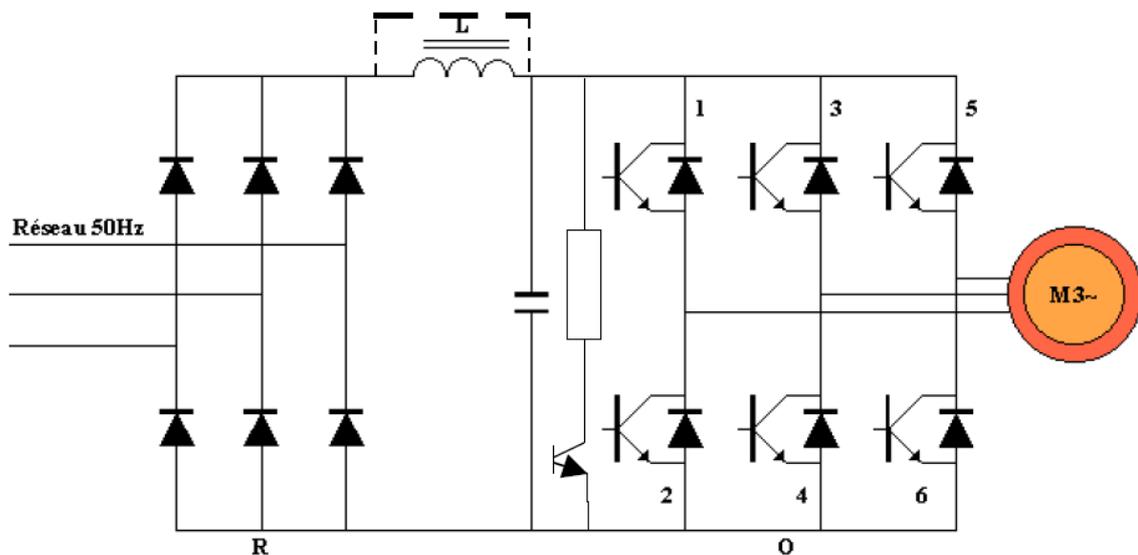


Fig. Schéma de principe du variateur

IV.VARIATEUR DE VITESSE PAR MLI (MODULATION DE LARGEUR D'IMPULSION):

La vitesse de rotation d'un moteur asynchrone étant directement liée à la fréquence de son **alimentation, pouvoir agir sur cette fréquence permet de modifier la vitesse du moteur.**

Il n'est cependant pas possible d'agir directement sur le réseau de distribution, c'est pourquoi on utilise la technique de modulation de largeur d'impulsion pour générer un signal électrique dont la fréquence sera contrôlée.

La modulation de largeur d'impulsion M.L.I. est une technique pour générer une tension quasi sinusoïdale **à partir d'un signal continue**

Cette technique consiste à découper la tension d'alimentation afin d'obtenir un courant d'alimentation du moteur quasi-sinusoïdal quelle que soit la fréquence d'alimentation.

Cette méthode permet de régler l'amplitude et la fréquence du signal d'alimentation du moteur tout en limitant les parasites néfastes au bon fonctionnement du moteur.

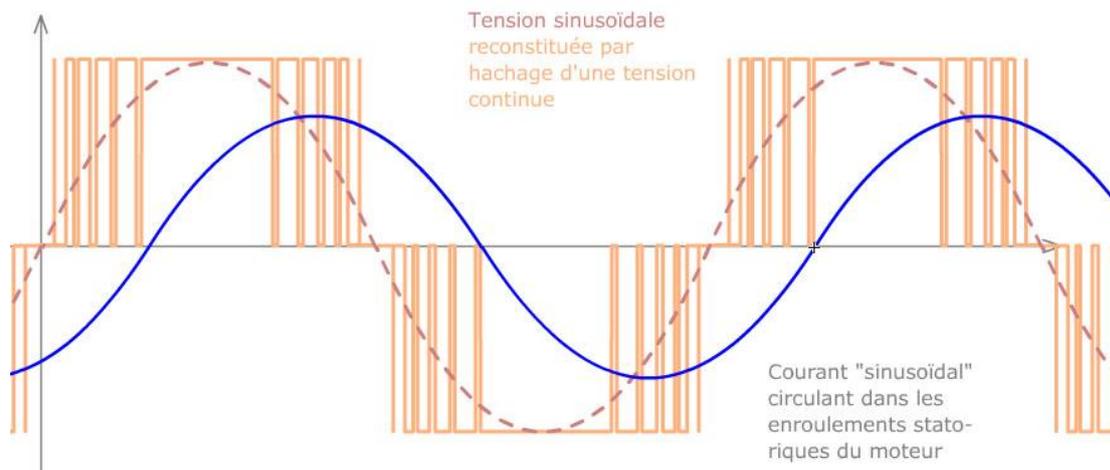


Fig. Modulation de Largeur d'Impulsion

La loi de commande des variateurs de vitesse peut s'adapter à la charge à entraîner et permettre d'obtenir un couple régulier, une rotation régulière à basse vitesse et une limitation des pertes.

Afin d'obtenir un couple constant quelle que soit la fréquence. **La variation de fréquence s'accompagne d'une variation de tension puisque dans les $\frac{3}{4}$ des utilisations, on désire un fonctionnement à couple constant.**

Comme sur un moteur asynchrone le couple est : $T = K \times \frac{U^2}{f^2}$

Donc avec les variateurs de type M.L.I si on s'efforce de garder un rapport $\frac{U}{f} = \text{constant}$, **il faut la variation de tension en même temps que la variation en fréquence.**

V. FONCTIONS REALISEES PAR UN VARIATEUR DE VITESSE:

Un moteur électrique est une machine qui entraîne une charge caractérisée par un couple à fournir à une vitesse fixe ou variable. Quel que soit le convertisseur, il doit satisfaire aux fonctions suivantes.

V.1.Démarrage

C'est la mise en vitesse d'une machine depuis l'arrêt jusqu'à la vitesse nominale. Il faut éviter les pointes de courant.

Par réglage on peut obtenir une mise en rotation et une mise à l'arrêt progressive pour éviter les pointes de courant et les à-coups.

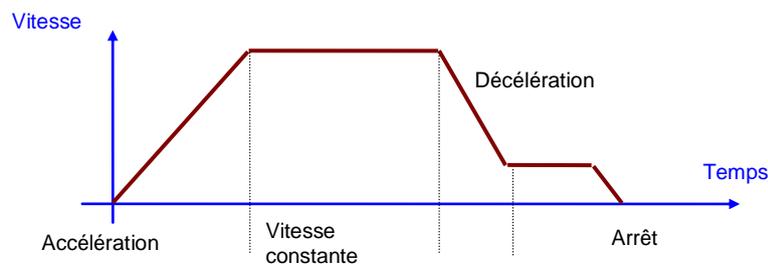


Fig. Courbe de vitesse en fonction du temps

V.2.Variation de vitesse

Deux notions fondamentales sont à discerner : la variation, la régulation

A- Variation de vitesse

Le variateur est capable de délivrer en sortie une alimentation triphasée à fréquence variable, ce qui permet d'obtenir plusieurs vitesses de rotation pour le moteur câblé en aval.

B- Régulation

- Un variateur peut ne pas être en même temps un régulateur, par exemple la vitesse du moteur peut être ralentie si la puissance demandée au moteur augmente.

C'est un système qui possède une commande avec amplification de puissance mais qui n'a pas de boucle de retour. Il est dit en **boucle ouverte**.

- Un variateur peut être muni d'un régulateur pour, par exemple, maintenir la vitesse du moteur même si la puissance demandée au moteur augmente.

Un régulateur est un système asservi. C'est à dire qu'il possède les deux propriétés suivantes:

- Un dispositif qui agit sur le convertisseur de puissance du moteur
- La régulation proprement dite dans laquelle la grandeur de sortie, par exemple la vitesse, est asservie à une grandeur de référence. On dit alors que l'on est en **boucle fermée**.

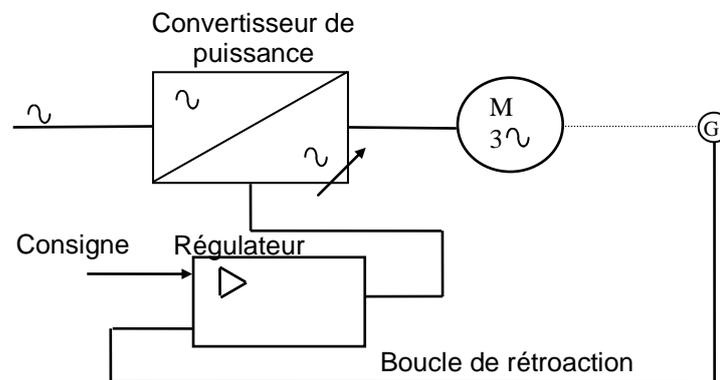


Fig. Boucle de régulation

C- Inversion du sens de marche

Le variateur est capable de délivrer en sortie une alimentation triphasée à fréquence variable, ce qui permet d'obtenir plusieurs vitesses de rotation pour le moteur câblé en aval.

VI. LES MODES DE FONCTIONNEMENT (TRANSFERT D'ENERGIE):

Un variateur est dit **unidirectionnel** s'il ne permet le passage de l'énergie que dans le sens réseau vers récepteur.

Un variateur est dit **bidirectionnel** ou **réversible** s'il autorise le transfert d'énergie aussi bien dans le sens réseau récepteur que dans le sens inverse. Ceci permet d'effectuer un freinage par récupération d'énergie, l'énergie étant renvoyée au réseau.

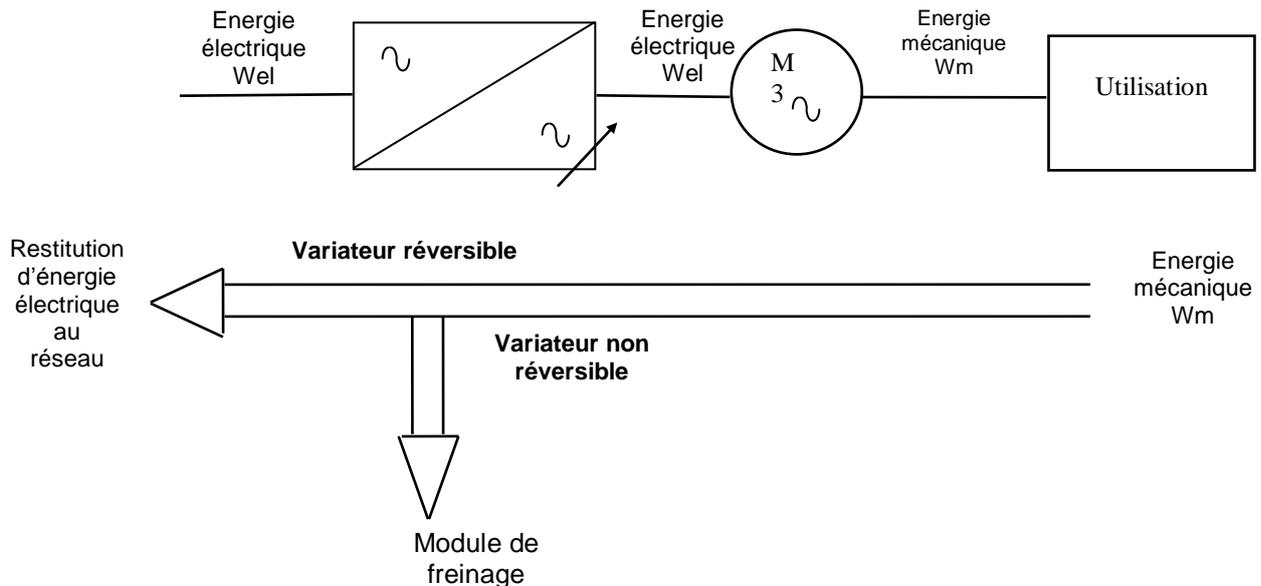


Fig. Chaîne des énergies en récupération (mode réversible).

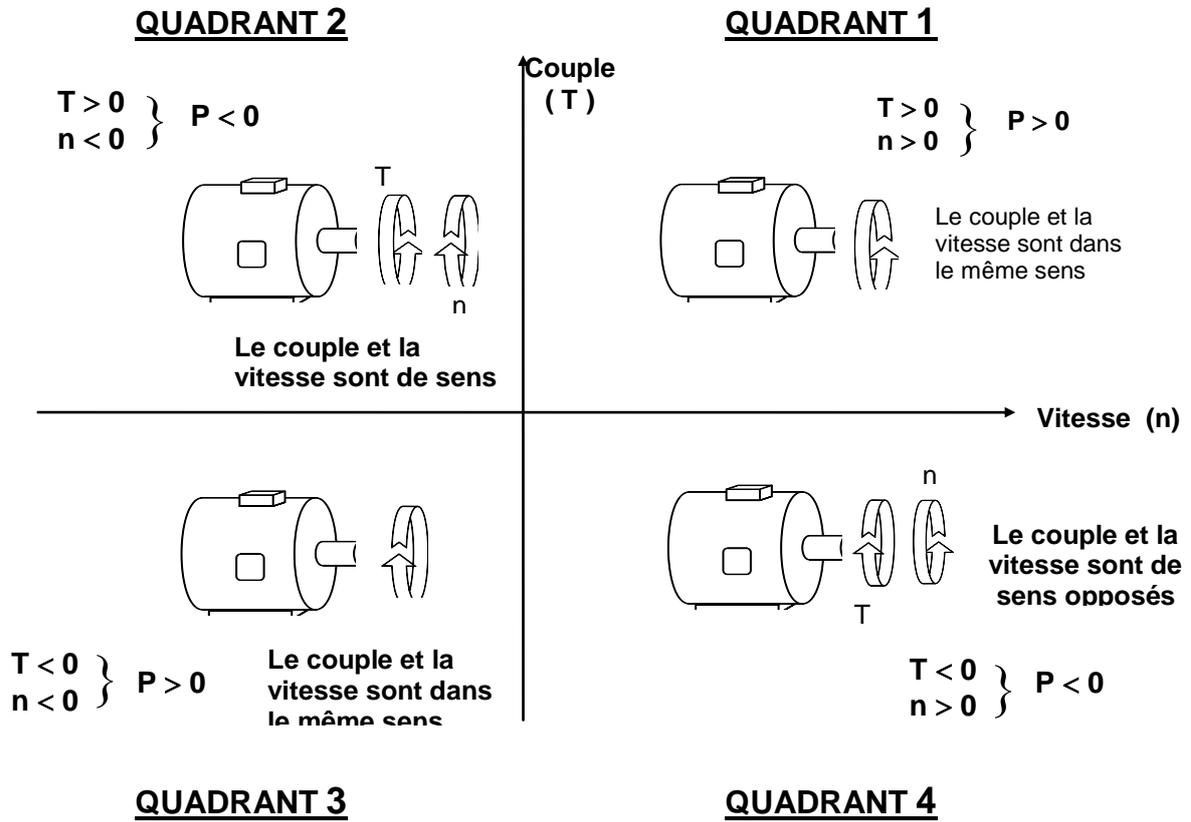
REMARQUE :

Pour fonctionner en récupération d'énergie, il faut une réversibilité en tension et en courant. Le bloc redresseur sera constitué différemment entre un variateur réversible et un variateur non réversible.

VII. FONCTIONNEMENT DANS LES QUATRES QUADRANTS:

On peut caractériser les différents fonctionnements d'un moteur en fonction de deux paramètres :

- La vitesse (deux sens de rotation).
- Le couple (couple moteur et couple de freinage).



	Type de fonctionnement	Couple T	Vitesse n	T x n Puissance	Quadrant
1 ^{er} sens de rotation	moteur	+	+	+	1
	générateur	+	-	-	2
2 ^e sens de rotation	moteur	-	-	+	3
	générateur	-	+	-	4

Dans les quadrants 1 et 3 le moteur fournit une puissance motrice (n et T dans le même sens).

Marche en moteur.

Dans les quadrants 2 et 4 le moteur absorbe une puissance mécanique fournie par la charge.

Marche en freinage.

VIII. EXEMPLE DE VARIATEUR POUR MAS: ALTIVAR 18 DE SCHNEIDER

VIII.1.Présentation

Convertisseur de fréquence pour moteurs asynchrones triphasés à cage, l'**altivar 18** intègre les derniers progrès technologiques.

Robuste et peu encombrant, conforme aux normes internationales, l'**altivar 18** est un produit universel né sur plusieurs génération de variateurs.

Il comporte les fonctions répondant aux applications les plus courantes, notamment:

- ventilation/ climatisation
- pompes et compresseurs
- manutention horizontale
- emballage conditionnement.

Les performances élevés de ses algorithmes ont été mises aux services de la robustesse, de la sécurité et de la facilité de mise en œuvre.

VIII.2.Fonctions réalisées

Les principales fonctions réalisées sont:

démarrage et régulation de vitesse,
freinage de ralentissement et freinage d'arrêt ,
économie d'énergie,
régulateur PI (débit, pression...),
protection moteur et variateur, protection thermique,
vitesses présélectionnés,
marche pas à pas,
limitation automatique de temps de marche à petite vitesse,
etc...



VIII.3.Choix d'un variateur pour MAS: altivar 18 de Schneider

Choix du variateur

Réseau Tension d'alimen- tation	Courant de ligne (1)		Moteur Puissance indiquée sur plaque		Altivar 18			Référence	Masse
	à U1	à U2	kW	HP	Courant de sortie perma- nent	Courant transi- toire maxi (2)	Puis- sance dissipée à la charge nominale		
U1...U2	V	A	A	kW	HP	A	A	W	kg
200...240 50/60 Hz monophasé	4,4	3,9	0,37	0,5	2,1	3,1	23	ATV-18U09M2	1,5
	7,6	6,8	0,75	1	3,6	5,4	39	ATV-18U18M2	1,5
	13,9	12,4	1,5	2	6,8	10,2	60	ATV-18U29M2	2,1
	19,4	17,4	2,2	3	9,6	14,4	78	ATV-18U41M2	2,8
200...230 50/60 Hz triphasé	16,2	14,9	3	–	12,3	18,5	104	ATV-18U54M2	3,3
	20,4	18,8	4	5	16,4	24,6	141	ATV-18U72M2	3,3
	28,7	26,5	5,5	7,5	22	33	200	ATV-18U90M2	7,8
	38,4	35,3	7,5	10	28	42	264	ATV-18D12M2	7,8
380...460 50/60 Hz triphasé	2,9	2,7	0,75	1	2,1	3,2	24	ATV-18U18N4	2
	5,1	4,8	1,5	2	3,7	5,6	34	ATV-18U29N4	2,1
	6,8	6,3	2,2	3	5,3	8	49	ATV-18U41N4	3,1
	9,8	8,4	3	–	7,1	10,7	69	ATV-18U54N4	3,3
	12,5	10,9	4	5	9,2	13,8	94	ATV-18U72N4	3,3
	16,9	15,3	5,5	7,5	11,8	17,7	135	ATV-18U90N4	8
	21,5	19,4	7,5	10	16	24	175	ATV-18D12N4	8
31,8	28,7	11	15	22	33	261	ATV-18D16N4	12	
	42,9	38,6	15	20	29,3	44	342	ATV-18D23N4	12

(1) Valeur typique sans inductance additionnelle.

(2) Pendant 60 secondes.

L'Altivar 18 a été conçu pour alimenter les moteurs d'une puissance adaptée à chacun de ses calibres.

VIII.4.Schéma de câblage d'un altivar 18

La commande est réalisée dans les deux sens de rotation par les entrées LI1 et LI2. La consigne de vitesse est donnée soit par un potentiomètre, soit par une tension externe (sortie analogique d'un API par exemple) .

LI3 et LI4 sont des entrées configurables (vitesse de rotation présélectionnées).

LI1 permet le sens avant (direct) et LI2 permet le sens arrière (sens inverse).

R1A et R1C (ou SB et SC) suivant le modèle de variateur est un contact qui indique, lorsqu'il est fermé, que le variateur est sous tension et sans défaut.

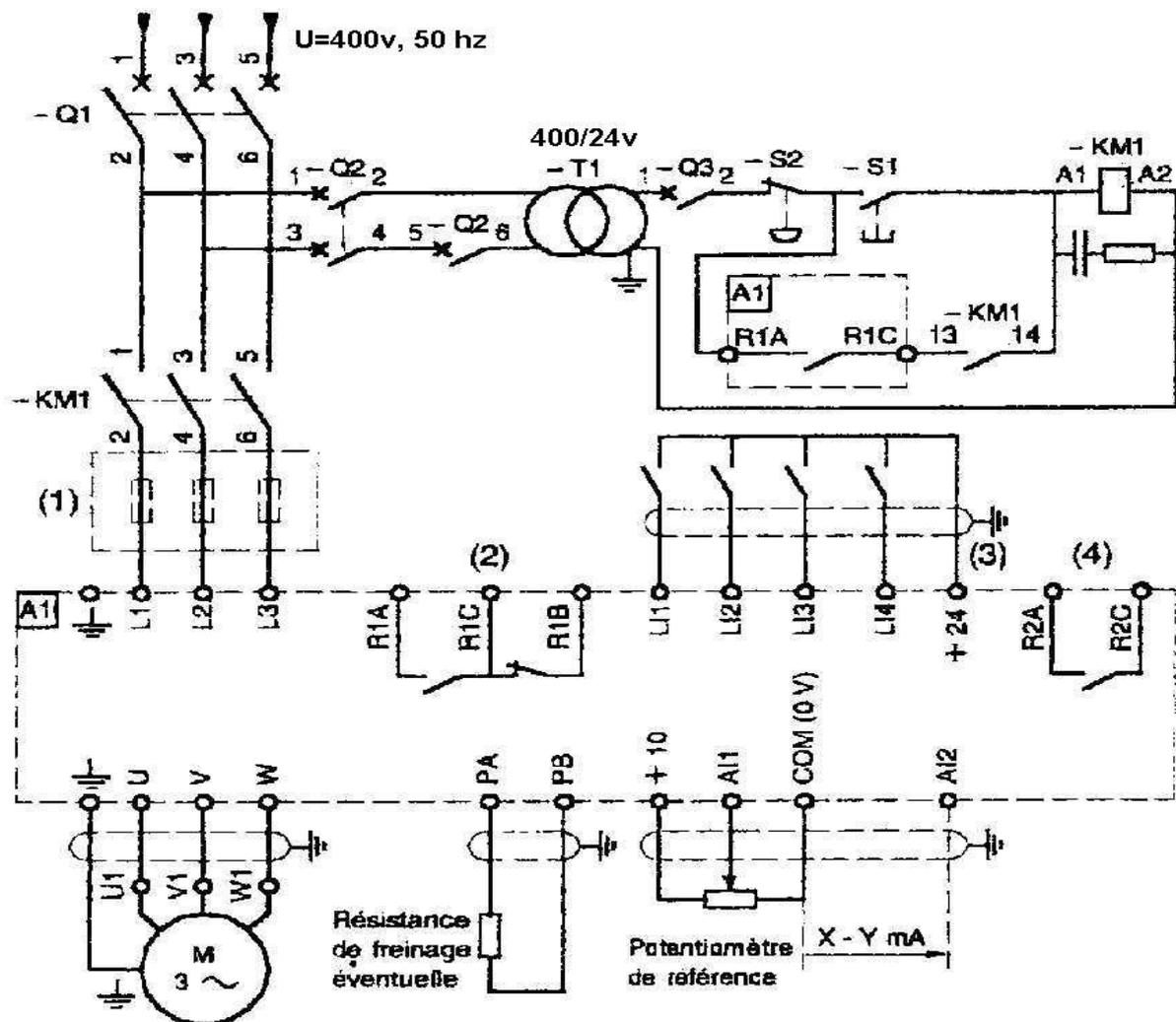


Fig. schéma de câblage d'un ALTIVAR 18