

I.2.5 Choix du Moteur et dimensionnement d'une motorisation d'axe

Introduction

Le Choix et le dimensionnement d'un motoréducteur d'axe lors de la conception d'un mécanisme industriel nécessite une étude adéquate sur ce dernier de point de vue contraintes et environnement...etc.

Réellement, il n'existe pas de méthode générale systématique de choix d'un servomoteur ou moteur, vu le nombre considérable de paramètres technico-économiques...etc à prendre en compte. On peut invoquer en plus de l'étude théorique, l'expérience et le savoir-faire

I.2.5.1 Méthode de choix d'un moteur

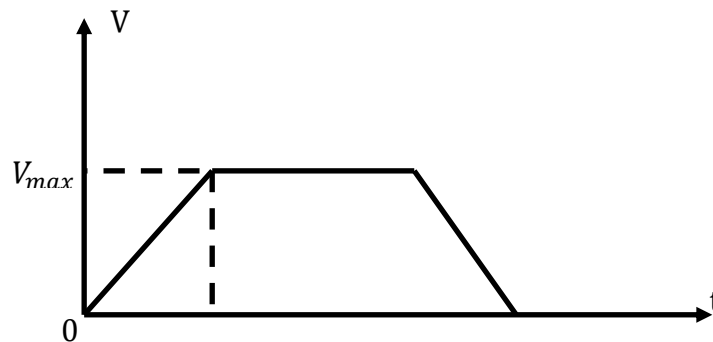
Exemple : machine automatique sur laquelle on désire effectuer un déplacement en translation :

L'actionneur est un moteur rotatif, le transformateur de mouvement pouvant être de n'importe quel type : vis-écrou, poulie-courroie, pignon-crémaillère..., en général, le cahier des charges impose un déplacement donné **X** en un temps maximal **T** dicté par le temps de cycle de la machine **T_{cy}**.

La méthode repose sur un organigramme, qui, sans être exhaustif, met en évidence les rebouclages inévitables dus aux interactions entre les composants.

1- Objectifs de déplacement

Le profil de vitesse de déplacement est trapézoïdal



La vitesse maximale de la charge est :

$$V_{max} = \frac{3.X}{2.T}$$

Accélération de la charge

$$a = \frac{9.X}{2.T^2}$$

Puissance d'accélération

Elle est déterminée par la relation suivante :

$$P_a = M . a . V_{max}$$

La puissance permanente

Elle est calculée par la relation suivante :

$$P_p = \frac{F \cdot V_{max}}{\eta}$$

Puissance totale :

$$P_t = P_a + P_p = M \cdot a \cdot V_{max} + \frac{F \cdot V_{max}}{\eta}$$

X : est la distance à parcourir

T : est la temps de déplacement

V_{max} : vitesse maximale de la charge

F : Effort sur la charge

M : Masse de la charge

η : Rendement estimé de la chaine cinématique

2- Présélection du réducteur

Pour déterminer le rapport de réduction (r) on a besoin des données suivantes :

vitesse nominale estimée du moteur : N_n

Vitesse maximale de la charge : V_{max}

Coefficient de transmission du transformateur du mouvement : k

$$r < \frac{k N_n}{V_{max}}$$

Généralement, $3000 \text{ tr/min} < N_n < 5000 \text{ tr/min}$

Note : si $r < 2$, dans ce cas il faut envisager un entraînement direct.

3- Calcul du couple moteur nécessaire

Soit J_c le moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre moteur :

$$J_c = \frac{J_t + k^2 M}{r^2}$$

avec : J_t : inertie du transformateur de mouvement ;

Le couple moteur d'accélération est donnée par :

$$C_{ma} = \frac{a \cdot J_c}{\lambda}$$

Avec λ est le gain de vitesse de la chaîne cinématique

$$\lambda = \frac{k}{r} = \frac{V}{n_n}$$

Le couple moteur permanent :

$$C_{mp} = \frac{\lambda \cdot F}{\eta}$$

Le couple moteur crête (maximal) :

$$C_{crete} = \frac{a \cdot J_c}{\lambda} + \frac{\lambda \cdot F}{\eta}$$

4- choix du moteur

On choisit un moteur dont le couple permanent est supérieur au couple crête C_{crete} , et il faut tenir compte de l'inertie propre du moteur. D'autre part, le point de fonctionnement ne doit pas être à l'extérieur de la zone normale donnée par le constructeur soit en régime permanent ou en régime transitoire.

En théorie, on obtient les meilleures performances lorsque le rapport d'inertie est de 1:1. On ne peut pas toujours atteindre cet objectif, la vitesse de rotation du moteur devenant trop élevée. En pratique, le rapport d'inertie ne doit pas dépasser une valeur comprise entre 5 et 10 pour les applications courantes, suivant la qualité de la mécanique. Le cas échéant, augmenter le rapport de réduction r afin de réduire le rapport d'inertie.

Lorsque le cycle de fonctionnement du moteur laisse peu de temps pour le refroidissement, on détermine le couple équivalent thermique, lequel ne doit pas dépasser le couple permanent du moteur.

5- Couple totale ramené à l'arbre moteur

- Inertie équivalente totale ramenée à l'arbre moteur :

$$J_e = J_m + J_r + \lambda^2 M$$

- Le couple moteur d'accélération

$$C_{ma} = \frac{a \cdot J_e}{\lambda}$$

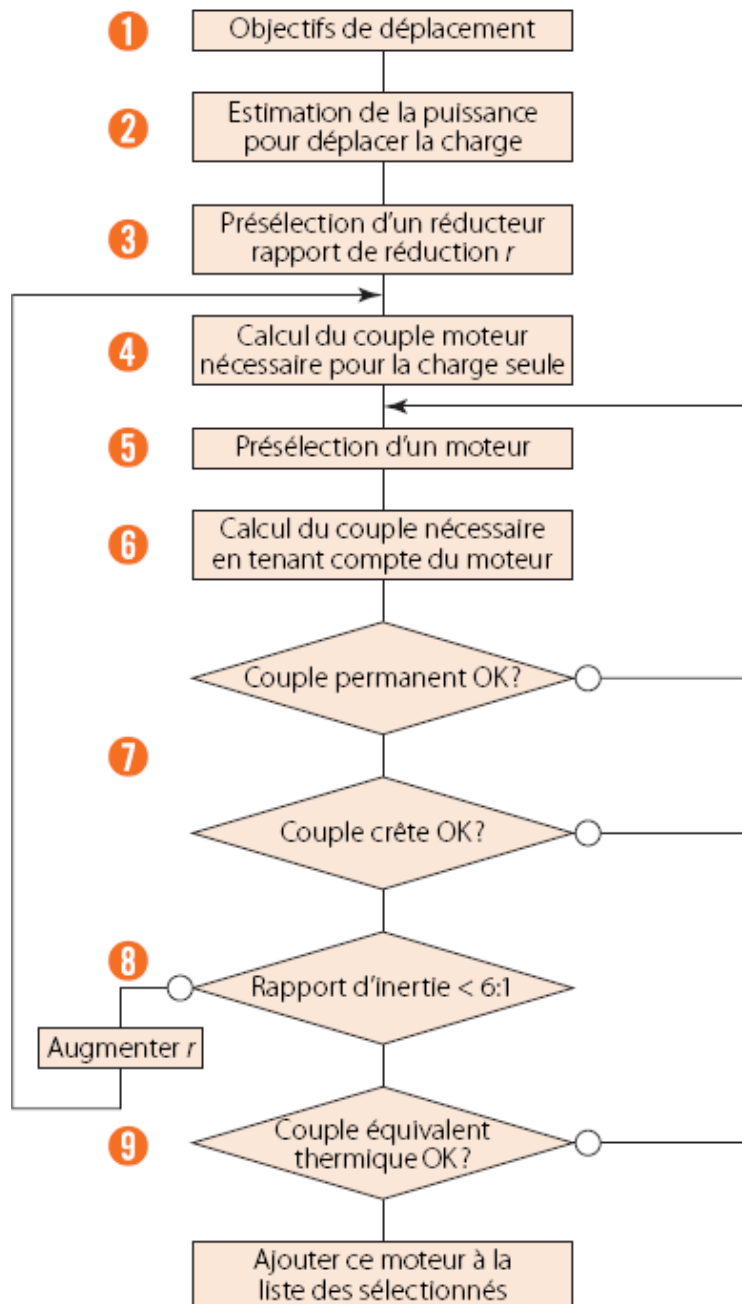
Alors le couple maximal ou crête est :

$$C_{crete} = \frac{a \cdot J_e}{\lambda} + \frac{\lambda \cdot F}{\eta}$$

6- Couple thermique (couple à chaud) du moteur

Lorsque le temps de refroidissement du moteur est court pendant son cycle de fonctionnement, dans ce cas, il faut déterminer le couple équivalent thermique, lequel ne doit pas dépasser le couple permanent du moteur.

7- Organigramme pour le choix et dimensionnement d'un moteur



Chapitre II : Commande électrique et automatisation des pompes, des ventilateurs et des compresseurs

II.1 Commande électrique et automatisation des ventilateurs

La ventilation est un mécanisme utilisé dans différents secteurs (industriel, Bâtiment, navires,...etc), la commande électrique du moteur d'entraînement du ventilateur devient nécessaire pour bien répondre aux exigences du cahier des charges posé par l'utilisateur.

Pour avoir une ventilation efficace, il est préférable d'utiliser l'entraînement direct sans transmission et sans multiplicateur (réducteur).

1. Rendement du ventilateur

Le rendement des ventilateurs dépend de la puissance électrique absorbée du moteur d'entraînement. Le tableau suivant montre les valeurs du rendement selon le type du ventilateur.

Type	Système de mesure	Catégorie du rendement	Rendement selon la puissance	
			1 Kw	10 Kw
Ventilateur axial	A,C	Statique	58,7 %	65 %
	B,D	Total	68,7 %	75 %
Ventilateur radial avec aubes courbées vers l'avant ou à extrémité radiale	A,C	Statique	55.7 %	62 %
	B,D	Total	58.7 %	65 %
Ventilateur radial avec aubes courbées vers l'arrière sans boîtier	A,C	Statique	59.5 %	70 %
Ventilateur radial avec aubes courbées vers l'arrière et boîtier	A,C	Statique	61.5 %	72 %
	B,D	Total	64.5 %	75 %
Ventilateur diagonal (forme mixte du ventilateur axial et du ventilateur radial)	A,C	Statique	50.5 %	61 %
	B,D	Total	54.5 %	65 %
Ventilateur à flux transversal	B,D	Total	29.4 %	32 %

Avec :

A: Aspiration libre, soufflerie libre

B: Aspiration libre, canal côté pression

C: Canal côté aspiration, soufflerie libre

D: Canal côté aspiration, canal côté pression

2. Les composants d'un système de ventilation

a- Ventilateur

Les ventilateurs sont des machines à écoulement qui, à l'aide d'un rotor, transportent un fluide gazeux. Une augmentation de pression se produit alors entre le côté aspiration et le côté évacuation. Les machines qui présentent une augmentation de pression importante (rapports de pression entre 1,1 et 3) sont appelées ventilateurs, tandis que les machines présentant une augmentation de pression très importante (rapports de pression supérieurs à 3) sont appelées compresseurs.

Les principaux types existants sont le ventilateur radial et le ventilateur axial. Le ventilateur axial aspire l'air de façon axiale et le transporte de façon axiale. Le ventilateur radial aspire l'air de façon axiale et le transporte de façon radiale.

b- Moteur d'entraînement

Les ventilateurs sont généralement entraînés par des moteurs électriques, répartis dans des classes de rendement conformément aux normes internationales. Selon le régime requis de l'entraînement, on peut utiliser des moteurs asynchrones dont les nombres de pôles sont :

2 pôles : 3 000 tr/min

4 pôles : 1 500 tr/min

6 pôles : 1 000 tr/min

8 pôles : 750 tr/min

Les classes d'efficacité des moteurs de 0,12 à 1000kW sont définies dans la norme CEI 60034-30-1. Pour les faibles puissances jusqu'à 10 kW, les gains d'efficacité entre IE4 et IE1 sont très élevés. Pour les grandes puissances de 100 à 1 000 kW, les améliorations sont certes proportionnellement plus faibles, mais la diminution des pertes en kW est toutefois très importante. Les rendements les plus élevés peuvent être atteints avec des moteurs à aimants permanents et à commutation électronique, ainsi qu'avec des moteurs à rotor extérieur.

c- *Transmission*

La transmission de la puissance du moteur au ventilateur s'effectue par un entraînement direct, des courroies plates, des courroies dentées ou des courroies trapézoïdales.

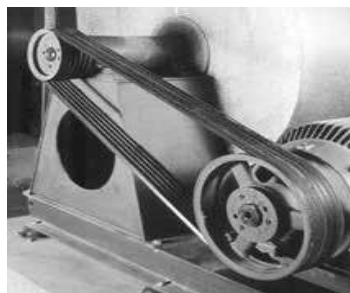
➤ *Entraînement direct*

Le couplage direct de l'arbre du moteur et de l'arbre du ventilateur ne cause aucune perte et présente ainsi le meilleur rendement (100 %). D'autre part, cette transmission est sans entretien et ne subit aucun encrassement dû à un entraînement par courroies.



➤ *Courroie trapézoïdale*

Pour les faibles puissances et en charge partielle, le rendement de la transmission peut tomber sous les 80 %. L'inconvénient est également le remplacement fréquent de la courroie. En raison de l'usure. Au regard de ces inconvénients, les courroies trapézoïdales doivent être évitées. Dans les petites installations, les entraînements directs sont à privilégier. Pour les plus grandes puissances, il est préférable d'opter pour des courroies plates.



➤ *Courroie plate*

Le rendement est généralement 2 à 5 % plus élevé que dans le cas des courroies trapézoïdales. Autres avantages: L'effort de maintenance plus faible (moins de changements de courroie) et l'usure réduite. Si les courroies plates ont certes besoin d'être moins souvent remplacées que les courroies trapézoïdales, le contrôle de la tension de la courroie est quant à lui plus exigeant.



3. Besoin en énergie de la ventilation

Le besoin en énergie pour la ventilation à l'aide de ventilateurs à entraînement électrique est calculé par :

$$E = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_v \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}$$

E : Besoin en énergie électrique en Wh

q_v : Débit volumique d'air en m³/s

Δp : Pression différentielle totale en Pa

t : Temps en fonctionnement en h

η_v : Rendement du ventilateur

η_{Tr} : Rendement de la transmission (courroies trapézoïdales ou plates)

η_M : Rendement du moteur

η_R : Rendement de la régulation (convertisseur de fréquence)

4. Puissance Spécifique des ventilateurs (SFP)

Définition

La puissance spécifique du ventilateur quantifie le besoin en puissance électrique d'un ventilateur pour transporter un débit volumique d'air donné et permet l'évaluation combinée des rendements et des pertes de charge.

$$SFP = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{ges} \cdot 3600}$$

SFP : Puissance spécifique du ventilateur en W par m³/h

P : Puissance électrique absorbée du moteur d'entraînement en W

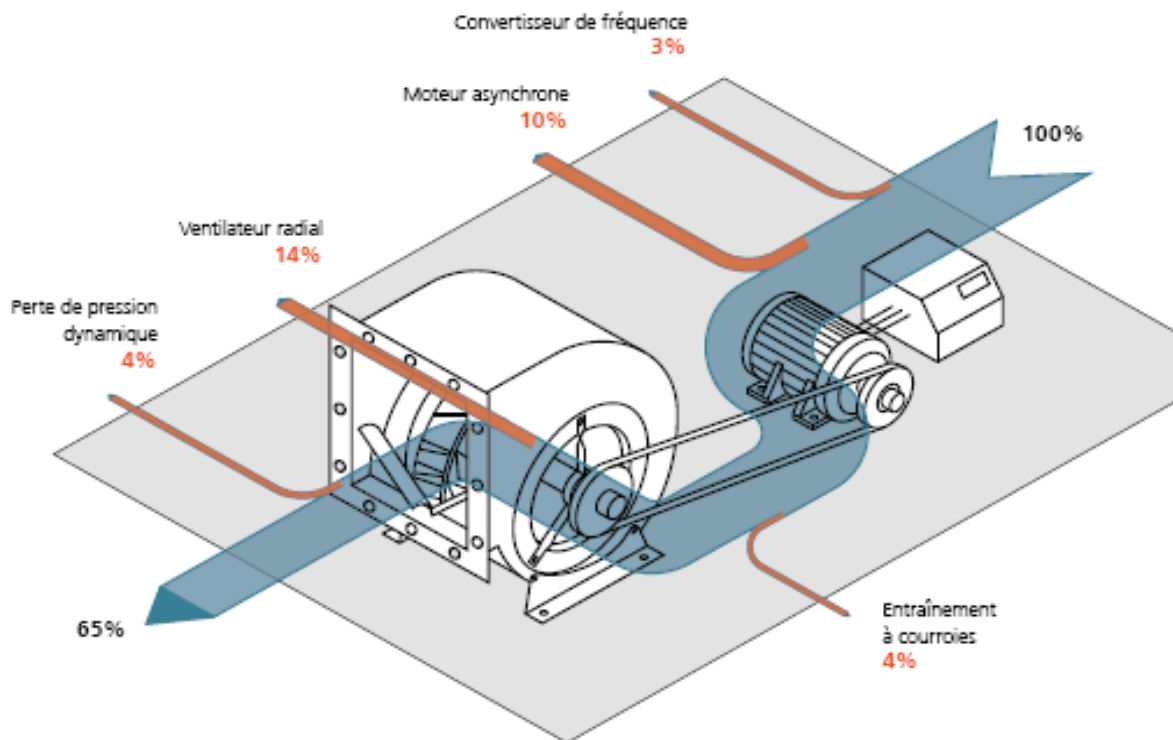
q_v : Débit volumique d'air en m³/h

Δp : Augmentation de pression ou Pression différentielle totale dans le ventilateur en Pa

η_{ges} : Rendement global du ventilateur

Dans les applications avec un appareil de traitement de l'air (monobloc par exemple), l'augmentation de pression requise dans le ventilateur est causée par les pertes de charge internes et externes, c.-à-d. :

$$\Delta p = \Delta p_{int} + \Delta p_{ext}$$



5. Puissance Spécifique des appareils de ventilations compacts (SPI)

Les appareils de ventilation compacts sont des appareils compacts standardisés et fabriqués en série, qui remplissent toutes les fonctions de transport et de traitement de l'air (éventuellement y c. pompe à chaleur et récupération de chaleur).

Définition

La puissance spécifique absorbée d'un appareil de ventilation compact est définie comme suit :

$$SPI = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{ges} \cdot 3600}$$

SPI : Puissance spécifique absorbée en W par m³/h

P : Puissance électrique absorbée de l'unité toute entière en W

q_v : Débit volumique d'air moyen de l'air fourni et repris en m³/h

La mesure de la puissance électrique absorbée se base sur EN 13147 7. Elle comprend la puissance absorbée des ventilateurs et dispositifs de régulation, y compris commande à distance et pompe à chaleur, le cas échéant. Le dégivrage ainsi que le pré- et le réchauffage ne sont pas inclus. Selon la norme EN 13142.

6. Régulation de la charge

La régulation de la charge est réalisée par le moteur électrique d'entraînement, et cela à travers un convertisseur de fréquence (CF), ce dernier transforme la fréquence des tensions d'alimentation de (50 Hz) en une fréquence variable. Cela permet de programmer un rapport variable entre tension et fréquence, adapté à l'application. La figure (2) montre le schéma fonctionnel de la commande du moteur électrique par un CF.

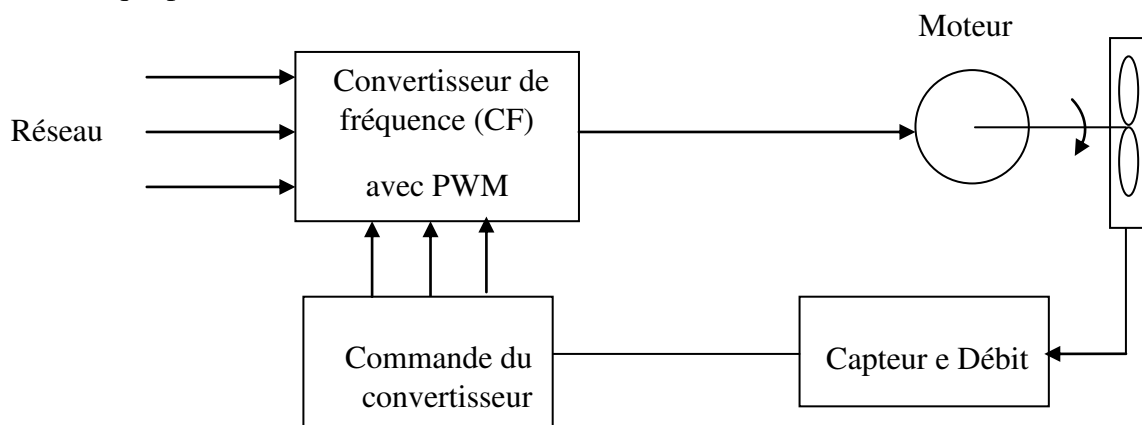


Figure.1 : schéma fonctionnel de la commande du moteur électrique par un CF.

Pour le transport de fluides, la tension (déterminante pour la magnétisation) est réduite de façon sur-proportionnelle à la diminution du régime, car la charge d'une machine à écoulement diminue proportionnellement au cube du régime comme le montre la figure (2) ci-dessous :

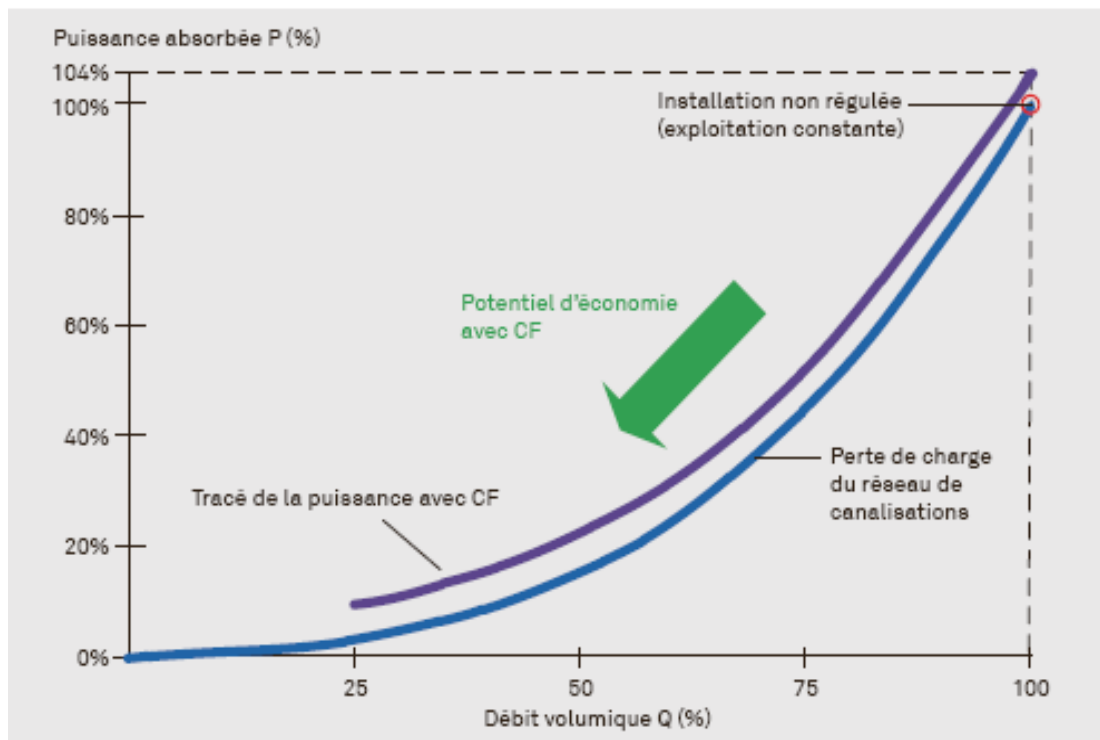


Figure.2 : régulation de la charge par un convertisseur de fréquence.

6.2 Commande électrique direct du Moteur d'entraînement

Exemple : Moteur asynchrone triphasé dont la plaque signalétique est comme suit :

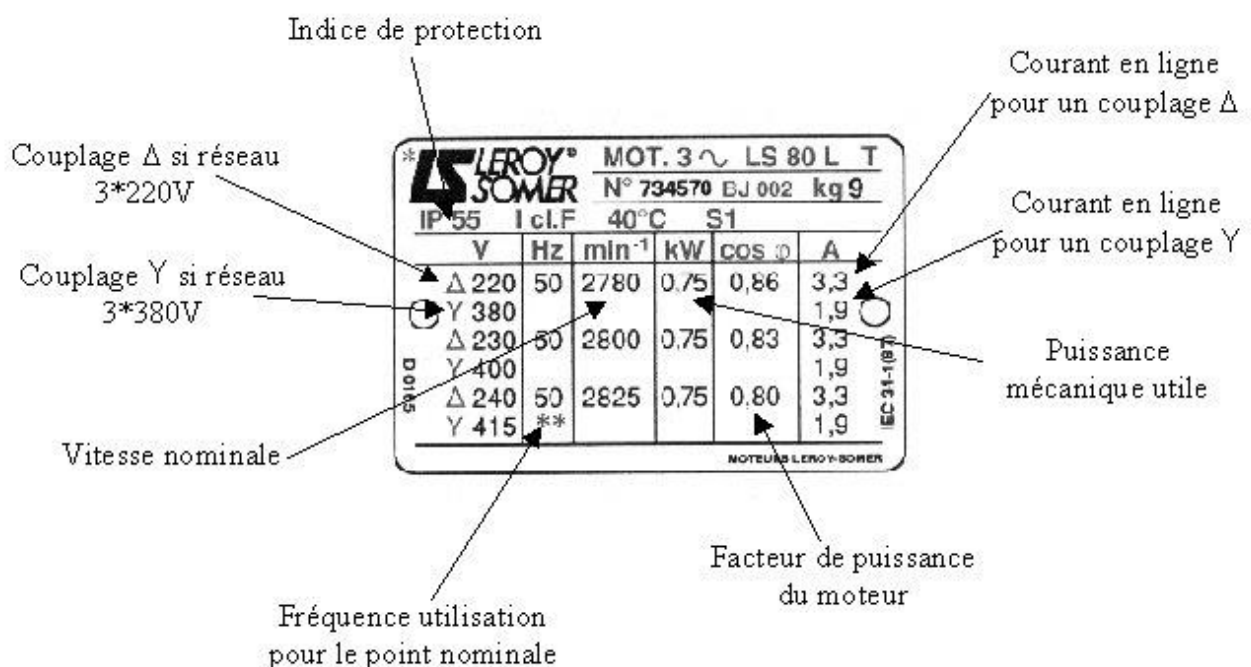


Schéma de puissance :

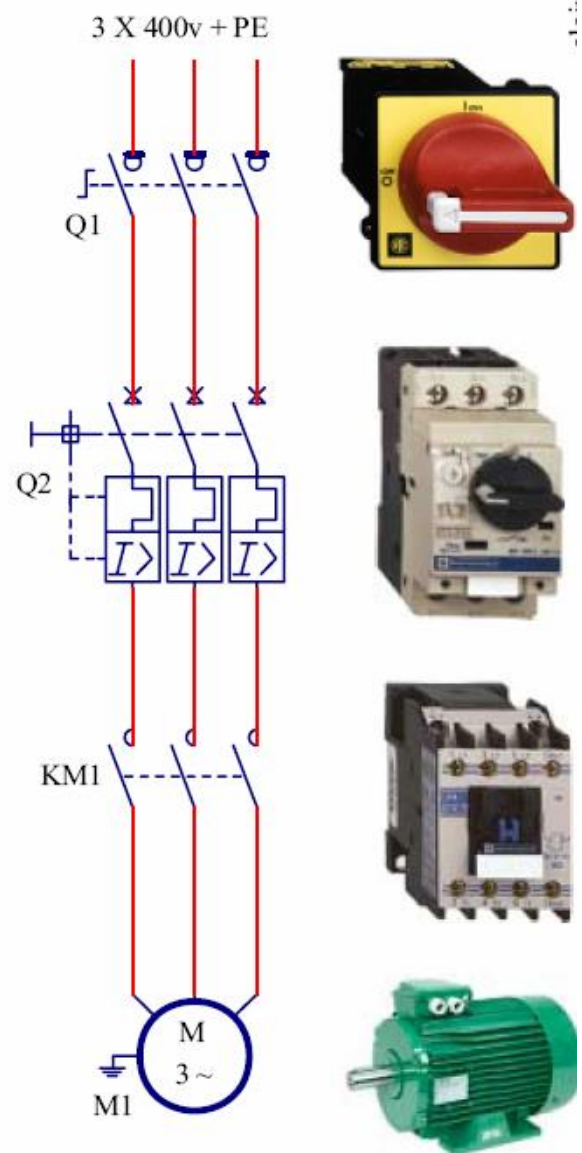
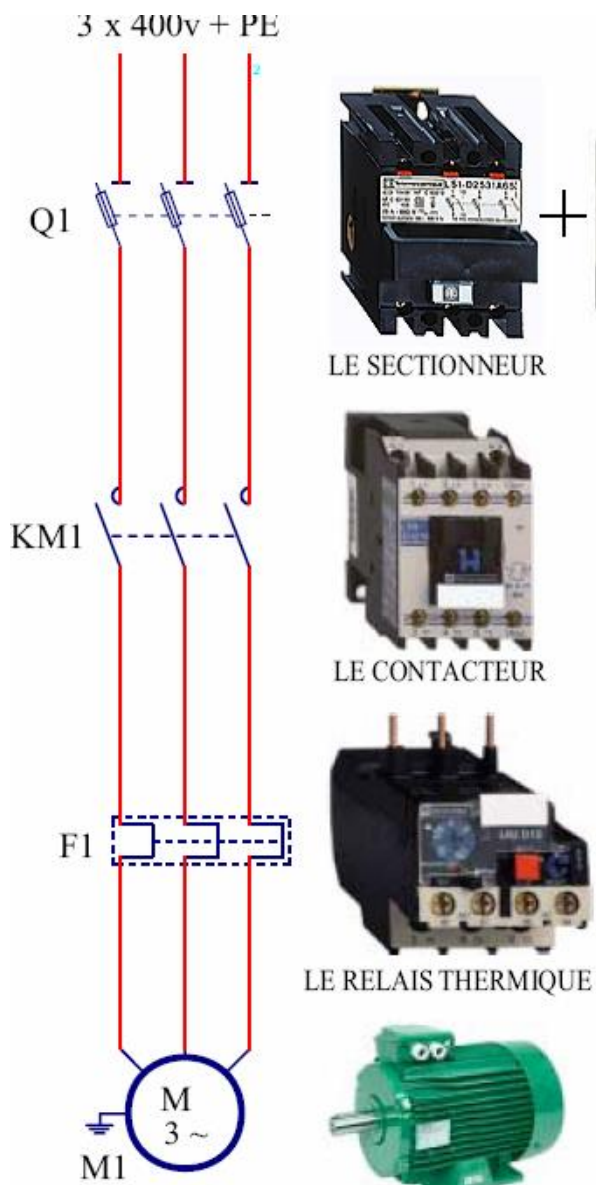
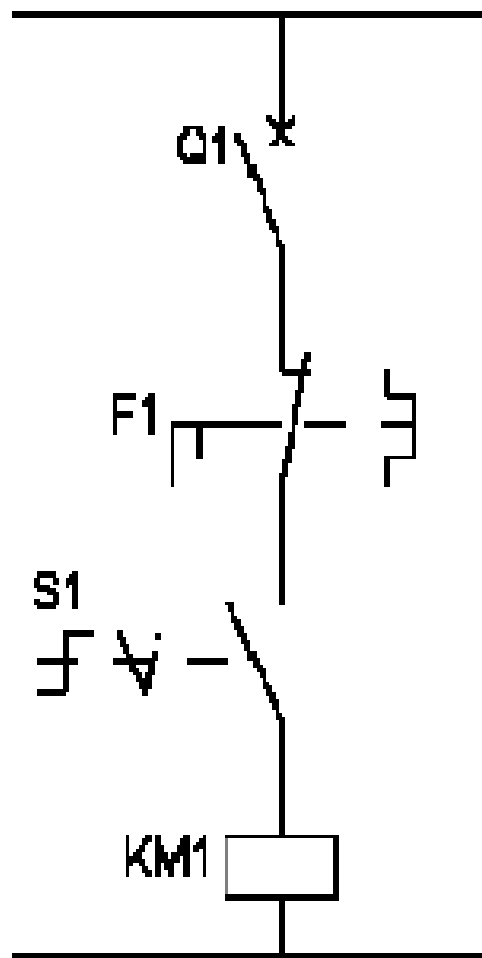


Schéma de commande



S1 : Commutateur

F1 : Fusible

Q1 : Disjoncteur

Km1 : Relais

Commande assistée par ordinateur (microcontrôleur) d'un système de ventilation

Exemple : VMC (Ventilation mécanique contrôlée) dans un Bâtiment

Le rôle de la VMC double flux est d'assurer le débit d'air renouvelé et la température de la salle suivant la demande d'utilisateur. Elle se décompose en deux groupes. Le premier regroupe la partie électrique et la partie aéraulique, assurant le débit de l'air souhaité en fonctionnement normale et un débit maximal en cas d'incident. Le deuxième concerne la partie thermique, assurant la température souhaitée à l'intérieur du bâtiment.

Le système est constitué de deux variateurs de vitesse associés à deux moteurs électriques pour l'extraction et le soufflage de l'air. L'optimisation de son fonctionnement par recherche d'une loi de commande optimale augmentera la performance de la VMC double flux.

Chapitre 3 : Commande et automatisation d'un ascenseur

Un ascenseur se compose d'une cabine qui se translate dans une gaine (aussi appelée trémie) généralement verticale. Cette cabine est supportée dans une structure parallélépipède appelée étrier, ou arcade, permettant le guidage et le support de la cabine¹.

3.1 Types d'ascenseurs

On distingue essentiellement deux types d'ascenseur :

- les ascenseurs à traction à câble, figure (1)
- les ascenseurs hydrauliques, figure (2)

3.2 Les critères de choix du type d'ascenseur

En général, On retrouve des critères de choix suivants:

- ✓ constructifs : hauteur de bâtiment, espace disponible au niveau des étages, possibilité de placer une salle de machines au sommet de la gaine, stabilité du terrain de sécurité.
- ✓ organisationnels : comme le type de fonction du bâtiment, son occupation et son type de fonctionnement.
- ✓ énergétiques : basées essentiellement sur la consommation et les appels de puissance de la motorisation.

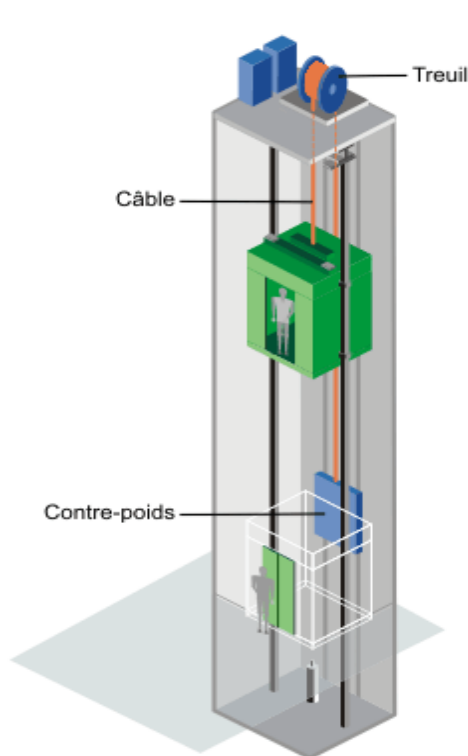


Figure (1) : Ascenseur à câbles.

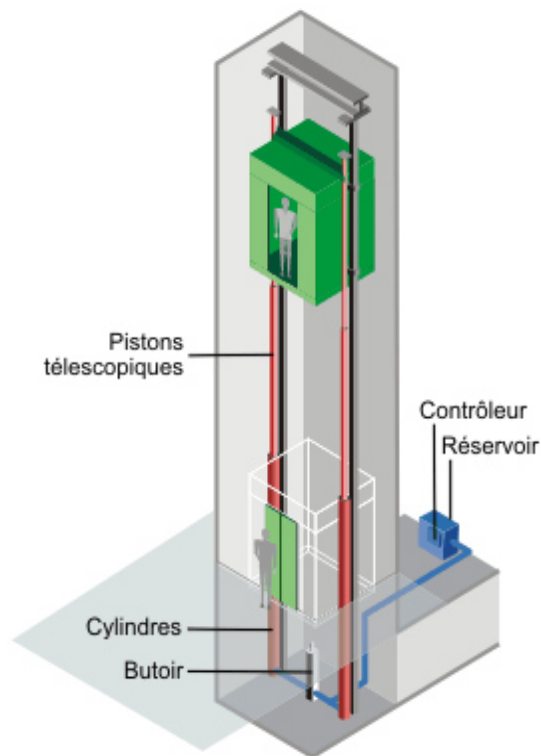


Figure (2) : Ascenseur hydraulique.

3.3 Les ascenseurs hydrauliques

La figure (3) montre le principe d'un tel système, comme toute machine hydraulique, la pompe met sous pression l'huile qui pousse le piston hors du cylindre vers le haut. Lorsque la commande de descente est programmée, le by-pass (vanne) de la pompe permet de laisser sortir l'huile du cylindre vers le réservoir.

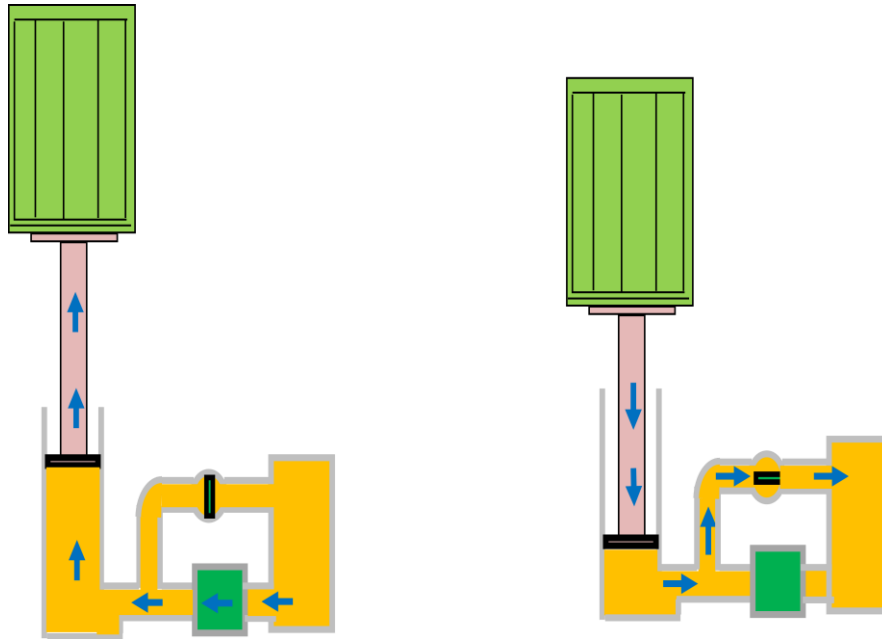


Figure (3) : Principe d'un ascenseur hydraulique.

Description

Les ascenseurs hydrauliques sont utilisés en général pour satisfaire des déplacements relativement courts de l'ordre de quinze à dix huit mètres maximum. Il existe Plusieurs types :

- à cylindre de surface,
- à cylindre enterré,
- télescopiques à cylindre de surface.

Les ascenseurs hydrauliques se composent principalement de :

- une cabine,
- guides,
- un ensemble pistons-cylindres hydrauliques placé sous la cabine de l'ascenseur,
- un réservoir d'huile,
- un moteur électrique accouplé à une pompe hydraulique,
- un contrôleur.

3.4 Les ascenseurs à traction à câbles

Les ascenseurs à traction à câbles sont les plus utilisés dans les bâtiments à plusieurs étages. Ils se différencient entre eux selon le type de motorisation, il existe :

- à moteur treuil à vis sans fin,
- à moteur treuil planétaire,
- à moteur à attaque directe (couramment appelé "Gearless" ou sans treuil).

3.5 Constitution d'un ascenseur à traction

Les ascenseurs sont en général constitués de :

- ✓ Cabine d'ascenseur : Élément composé d'un plancher, de parois et d'un toit destiné à accueillir les personnes et les marchandises (La partie visible de l'ascenseur). Cet élément est inséré et fixé dans un cadre appelé suspension cabine.
- ✓ Porte de cabine : Porte à fermeture généralement automatique destinée à confiner l'utilisateur dans la cabine pendant le déplacement de celle-ci, lui interdisant tous contact avec les parties extérieures à la cabine.
- ✓ Porte palière : C'est la porte externe de l'ascenseur. Chaque ascenseur est équipé d'autant de porte palière que de nombre d'étage. Elles peuvent être battantes et commandées manuellement, ou automatiques et coulissantes (à ouverture centrale ou latérale). Elles doivent être équipées d'un dispositif empêchant leurs ouvertures si la cabine n'est pas sur le niveau et bloquant le départ pendant leur ouverture.
- ✓ Boutons d'appels: boutons installés aux paliers.
- ✓ Boutons d'envois: boutons sont installés dans la cabine.
- ✓ Contrepoids: Élément destiné à contre balancer le poids de la suspension cabine, augmenté de la moitié de la charge utile. Celui-ci est constitué d'une suspension métallique contenant des gueuzes en fonte destinées à l'alourdir. Lorsque la cabine d'ascenseur monte, le contrepoids descend.
- ✓ Fin de course: Contact de sécurité placé généralement en gaine et destiné à stopper l'ascenseur en cas de dépassement de sa course normale. La fin de course peut aussi se trouver en machinerie. Dans ce cas, il est actionné soit par le tambour de traction soit par le câble du limiteur.
- ✓ Appareillage: constitue une armoire placée en machinerie, contenant les relais, et autres équipements destinés à commander l'ascenseur.
- ✓ Treuil: il s'agit d'une machine composée d'un dispositif de freinage et d'un moteur, destinée à actionner les câbles de traction de l'ascenseur

3.4.2 Principe de fonctionnement

La cabine est suspendue à un câble qui s'enroule sur une poulie à gorge et dont l'autre extrémité porte un contre poids. Le moteur entraîne la poulie par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse ; la poulie entraîne le câble par adhérence. La cabine est équilibrée à demi- charge par le contre poids ; il suffit donc d'un couple relativement faible pour mettre en mouvement la cabine ; la charge est positive pour la montée en charge et la descente à vide ; elle est négative dans le cas contraire. D'où un moteur qui doit être à deux sens de rotation, et de freinage dans les deux sens.

Note : le fonctionnement est intermittent, avec charge variable ; le moteur doit effectuer de nombreux démarrages, et fonctionner en régime normal pendant un temps très court, d'où tendance à l'échauffement. Le fonctionnement doit être doux, silencieux ; l'appel de courant au démarrage doit être faible.

3.5 Systèmes de motorisation (Moteur électrique)

Le type de moteur doit être silencieux et sans à-coups au démarrage, ceci est obtenu par l'intermédiaire d'un dispositif limitant l'intensité de courant au démarrage

Le moteur principal de traction est prévu pour entraîner l'appareil en service normal, le coefficient d'équilibrage de l'appareil est compris entre 0,45 et 0,5 (SI). Il est défini par :

$$K_{eq} = \frac{M-P}{Q} \quad (1)$$

M : Masse du contre poids (kg) ;

P : Masse de la cabine (kg) ;

Q : Charge nominale de l'appareil (kg).

L'efficacité énergétique des systèmes de motorisation des ascenseurs dépend du type de moteur d'entraînement accouplé :

1- au treuil pour les ascenseurs à traction,

Un réducteur planétaire, par exemple, peut être accouplé à :

- un moteur à courant continu à excitation indépendante ou shunt,
- un groupe Ward Léonard,
- un moteur à courant alternatif asynchrone à démarrage :
 - a- étoile-triangle,
 - b- à deux vitesses,
 - c- commandé par un variateur de fréquence,
- un moteur à courant alternatif synchrone à démarrage par variateur de fréquence.

2- à la pompe pour les ascenseurs hydrauliques.

3.6 Ascenseur avec moteurs à courant continu

3.6.1 Régulation de vitesse de type Ward – Léonard (W-L)

La mise en œuvre d'un très bon couple de traction avec une vitesse de rotation réglable permettait d'accélérer et de ralentir progressivement la cabine et de l'amener très lentement au niveau de l'étage. De plus, les ascenseurs équipés de machine type Gearless pouvaient atteindre des vitesses nominales très importantes, de l'ordre de 4m par seconde.

A- Composition et principe du système de traction W-L

Un tel dispositif est illustré par la figure (4) ci-dessous :

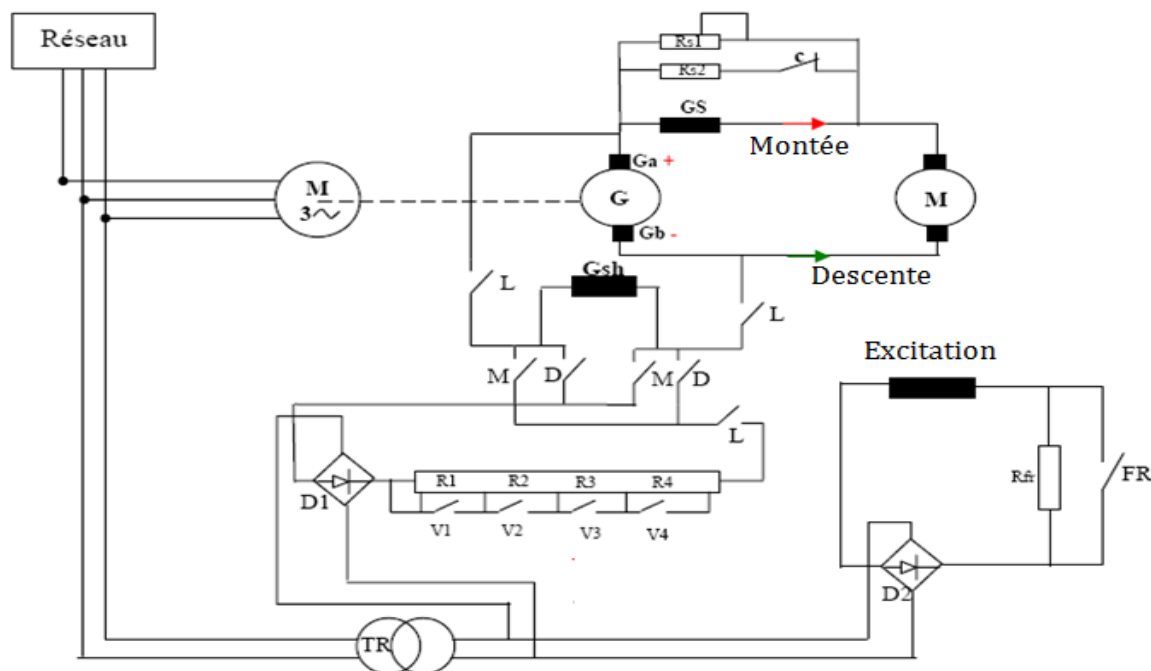


Figure (3) : Schéma de régulation du groupe WL.

Le système comporte :

- Un groupe convertisseur entraîné par un moteur triphasé asynchrone à cage d'écureuil ou à rotor bobiné ($M_{3\sim}$) et entraînant à vitesse constante une génératrice de courant continu (G), à excitation séparée (Gsh) et enroulement série monté en compound (GS). Ce groupe est généralement lancé avant de faire déplacer l'ascenseur et arrêté quelques minutes après la fin d'utilisation de celui-ci.
- Un moteur à courant continu (M) à excitation séparée destiné à déplacer la cabine de l'ascenseur.
- Une boucle de courant reliant l'induit de la génératrice (G) à l'induit du moteur de traction (M) et traversant l'enroulement série (GS) de la génératrice.

- Une excitation à tension variable pour la génératrice (Gsh) pilotée par des contacteurs ou éventuellement, dans les systèmes plus perfectionnés, par un régulateur électronique.

B- Principe de fonctionnement

1^{ier} cas : au repos

Dans ce cas, le groupe convertisseur tourne à sa vitesse nominale, l'enroulement d'excitation du moteur est alimenté par le transformateur (TR), destiné à ramener la tension d'excitation à une valeur acceptable pour la machine et à travers le redresseur (D2), lequel transforme la tension alternative en tension continue.

L'enroulement shunt de la génératrice (Gsh) est alimenté par l'induit de celle-ci, en montage suicide. Ce dernier est destiné à interdire à la génératrice de monter en tension. Cette tension passant à travers des deux contacts (L) alimente l'enroulement shunt pour provoquer un champ magnétique en opposition à l'aimantation résiduelle ce qui tend à ramener la tension entre (Ga) et (Gb) à 0 Volt.

L'enroulement série (GS) de la génératrice est équipé de résistances (RS1 et RS2), montées en parallèle, destinées à régler précisément l'effet de l'excitation série, quelque soit l'intensité qui traverse la boucle de courant.

2^{ième} cas : Départ en montée

Le contacteur (L) et (M) s'enclenchent : l'enroulement d'excitation de la génératrice (Gsh) est alimenté par le transformateur (TR) et le redresseur (D1) au travers des résistances (R1) à (R4) et des contacts (L) et (M). La génératrice produit une tension positive par la borne (Gb), laquelle traverse le moteur (M) et revient vers la borne (Ga), en traversant partiellement l'enroulement série (GS). Par ailleurs, pendant l'accélération, le contact (FR) se ferme, assurant une surexcitation du moteur (M) et un renforcement du couple de celui-ci pour permettre son accélération.

3^{ième} cas : Accélération en montée.

Graduellement, les contacts (V1) à (V4) vont s'enclencher, éliminant la résistance (R1) à (R4). Ceci aura pour effet d'augmenter la tension aux bornes de l'enroulement d'excitation (Gsh) et d'augmenter proportionnellement la tension produite par la génératrice. Le courant dans la boucle augmente et le moteur accélère sa vitesse de rotation. Lorsque la vitesse nominale est presque atteinte, le contact (FR) retombe, ce qui a pour effet de pousser le moteur (M) à sa vitesse nominal.

4^{ième} cas : Ralentissement et arrêt de l'ascenseur

En premier lieu, le contact (FR) se ferme pour garantir un couple de ralentissement maximal et provoque un début de ralentissement de la vitesse. Ensuite, les contacts (V4) à (V1) s'ouvrent progressivement, rétablissant les résistances (R4) à (R1). La tension de la génératrice (Gsh) diminue

graduellement, réduisant la tension aux bornes du moteur (M) qui ralenti sa rotation jusqu'à la vitesse d'approche finale, lorsque l'ascenseur atteint le niveau, les contacteurs (M) et (L) retombent, la génératrice ne produit de tension et le moteur s'arrête.

5^{ème} cas : Départ en descente

Les contacteurs (L) et (D) s'enclenchent. Pareil qu'en départ en montée, sauf que le courant est dans le sens contraire, et une tension positive est produite sur la borne (Ga) de la génératrice. Les bornes de l'induit moteur reçoivent cette fois-ci une tension inverse, donc une rotation dans le sens opposé.

3.6.1 Avantages et inconvénients du système (W-L)

a- Avantages

- Possibilité de régler graduellement la vitesse de 0 à la vitesse nominale ;
- Accélération et décélération particulièrement progressives ;
- Couple important de la machine de traction de 0 à la vitesse nominale ; Freinage dynamique très important ;
- Grand confort d'utilisation et déplacement particulièrement doux de la cabine d'ascenseur ;
- Mise à niveau précise.

b- Inconvénient

- Coût d'installation très élevé suite à la nécessité d'utiliser un groupe convertisseur, pour produire le courant continu ;
- Bruit important du groupe convertisseur ;
- Consommation en énergie très importante ;
- Coût d'entretien jusqu'à trois fois plus important que pour un ascenseur à deux vitesses.

3.7 Ascenseur avec moteurs asynchrone

Le moteur asynchrone couplé à un variateur de fréquence est le plus utilisé pour les applications où il est nécessaire de contrôler la vitesse et le déplacement d'une charge.

3.7.1 Consommation en énergie électrique des ascenseurs

L'appel de puissance au démarrage du mécanisme peut perturber l'installation électrique de l'immeuble et augmente le coût de la facture énergétique.

La consommation des ascenseurs reste modeste dans le sens où les personnes et les charges dans la cabine, moins la charge du contre poids (si existant), ne constituent pas en soi une perte d'énergie. En effet, aux pertes près, l'énergie consommée par le transport des personnes à la montée est restituée (énergie potentielle) lors de la descente.

La puissance perdue est composée de:

- Des pertes par frottement,
- Des pertes de ventilation,
- Des pertes thermiques dans les moteurs.

La consommation énergétique de la motorisation d'un ascenseur, elle est très complexe à établir car elle dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont :

- La charge de la cabine (fonction du nombre de personne) ;
- Le profil de vitesse (accélération, palier de vitesse constante, décélération, freinage,...) ;
- Le nombre de course ;
- Le système de motorisation ;
- Les pertes mécaniques dans la gaine.

3.7.2 Pilotage de la vitesse de rotation du moteur

On considère la relation suivante:

$$N = \frac{(1-g)f_s}{p} \quad (2)$$

N : la vitesse de rotation du moteur ;

f_s : fréquence des courants statoriques.

D'après cette équation, le pilotage de la vitesse peut être réalisé par :

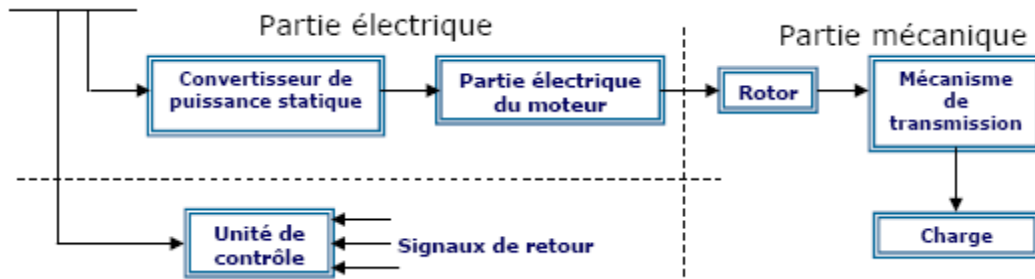
- Le changement du nombre de paire de pôles (moteur à deux vitesses par exemple) ;
- La variation du glissement du moteur (moteur à bague) ;
- La variation de la fréquence des courants.

Pour le pilotage par variation de la fréquence, il faut impérativement employer un onduleur qui élabore un système de trois tensions réglables en fréquence et en amplitude, constitué par un système d'interrupteurs alimenté à partir d'une source de tension continue.

3.7.3 Commande électrique de l'entraînement de l'ascenseur

La figure (5) représente le schéma fonctionnel d'un système d'entraînement électrique de l'ascenseur. Il est constitué de deux parties distinctes selon la nature de la puissance :

- Une partie électrique qui comprend un convertisseur statique et le moteur électrique.
- Une partie mécanique qui inclue tous engins en rotation ainsi que les convertisseurs et charges en mouvement.



Figure(5) : schéma fonctionnel d'un système d'entraînement électrique de l'ascenseur.

3.7.4 Ascenseur sans réducteur

La majorité des ascenseurs sont entraînés par moteurs asynchrones triphasés (moteurs à induction triphasé) . La commande permet le changement du nombre de pôles, pour permettre à l'ascenseur de fonctionné à deux vitesses (rapides et lentes). Ce type de fonctionnement présentes des inconvénients, comme la nécessité une grande armoire électrique qui comporte plusieurs contacteurs électromécaniques qui provoque l'augmentation de la consommation de l'énergie électrique. en plus de ce problème, on trouve l'anomalie du démarrage brusque (choc) du mécanisme (ascenseur) , etc...

Dans le but de réduire la consommation de l'énergie électrique et améliorer les performances de l'ascenseur (notamment en régime permanent et transitoire), le moteur est commandé via un variateur de fréquence, qui agit directement sur la fréquence d'alimentation et assure un couple nécessaire au mouvement, de manière à ce que les phases d'accélération et de la décélération soient imperceptibles pour l'occupant de la cabine.

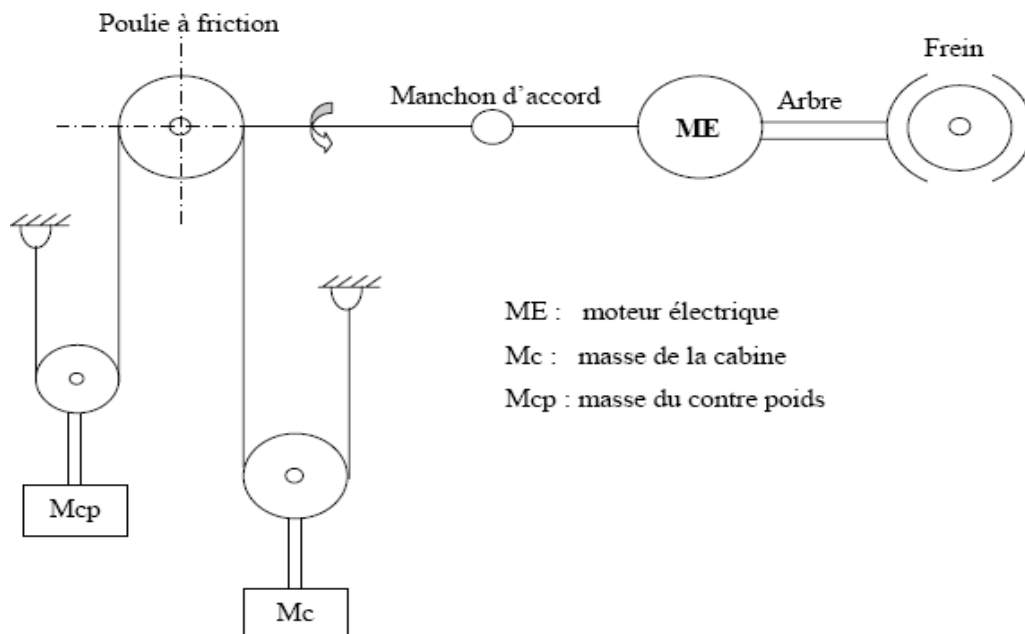


Figure (6) : Représentation d'un ascenseur sans réducteur.

Dans ce type d'ascenseur sans réducteur , le moment d'inertie sur l'arbre du moteur est le moment total de l'entraînement électrique.

A- Partie mécanique

L'expression analytique du couple de la charge (couple résistant) est donnée par :

$$C_r = C_{r0} + c\Omega^k \quad (3)$$

Avec

C_r : le couple résistant de la charge ;

C_{r0} : le couple résistant initial dû aux frottements

k : facteur caractérisant la variation de la charge par rapport à la vitesse

c : une constante

Ω : vitesse de rotation du moteur.

➤ Détermination du couple résistant

En effectuant un bilan de forces du système charge contrepoids, on peut déterminer le couple résistant appliqué sur le rotor du moteur par l'équation suivante :

$$C_r = (m_c - m_p)g.r + (m_c + m_p)r^2 \frac{d\Omega}{dt} \quad (4)$$

Ω : Vitesse de rotation du moteur ;

m_c : Masse de la charge ;

m_p : Masse de la poulie ;

r : Rayon de la poulie;

g : Accélération due à la pesanteur

➤ Equation dynamique

L'équation du mouvement du système en mouvement de rotation est:

$$J \frac{d\Omega}{dt} = C_e - C_r - f\Omega \quad (5)$$

C_e : Couple développé du moteur

J : Moment d'inertie sommaire du système, ramené à l'arbre du moteur

Ω : Vitesse angulaire

f : Coefficient de frottement de l'arbre du moteur.

B- Partie électrique (Commande)

Les moteurs asynchrone, particulièrement le moteur à cage d'écureuil, sont attractives pour l'entraînement des ascenseurs à cause leurs rotors à faible inertie et de l'absence de commutateurs et de contacts.

Dans la plupart des ascenseurs on utilise le control par la tension et fréquence variable (ACVVF : alternatif current variable voltage frequency) dans le but de varier la vitesse du moteur. Son principe est basé sur le maintien du rapport tension/fréquence constant selon un contrôle scalaire, on distingue deux tupe de commande scalaire :

a- Commande scalaire avec contrôle de la fréquence statorique, figure (7)

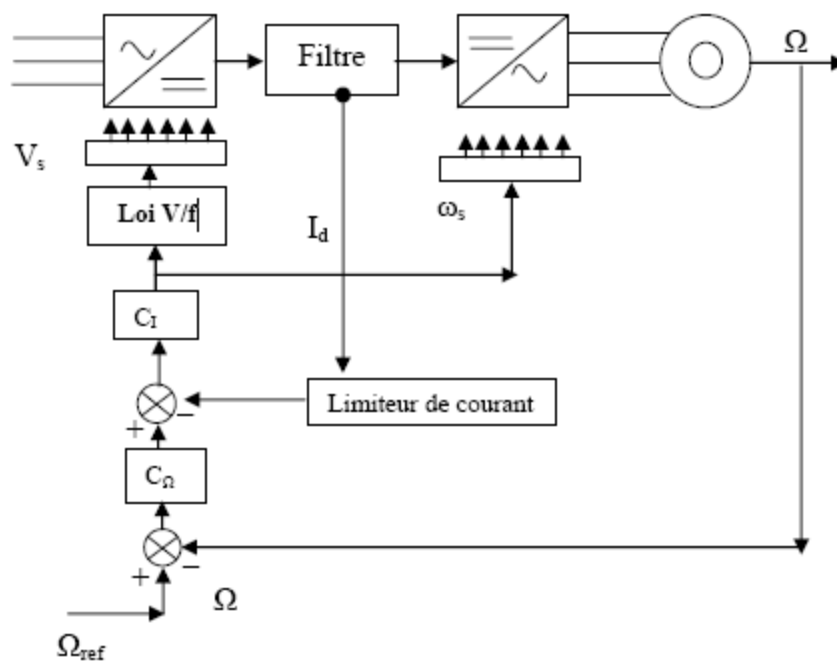


Figure (7) : Commande scalaire avec contrôle de la fréquence.

b- Commande scalaire avec autopilotage et contrôle de la fréquence rotorique, figure(8)

La variation de la vitesse est obtenue par variation de la pulsation rotorique directement liée au couple. Le régulateur de vitesse (C_Ω) élabore la pulsation (ω_{gl}) à partir de la loi d'autopilotage, son réglage est confié à l'onduleur. Dans ce cas l'autopilotage nécessite une mesure précise de la vitesse.

La tension est donnée par la loi « V/f ». Elle est fixée soit par le pont redresseur (si le redresseur est commandé), soit par l'onduleur si le redresseur utilisé est non commandé.

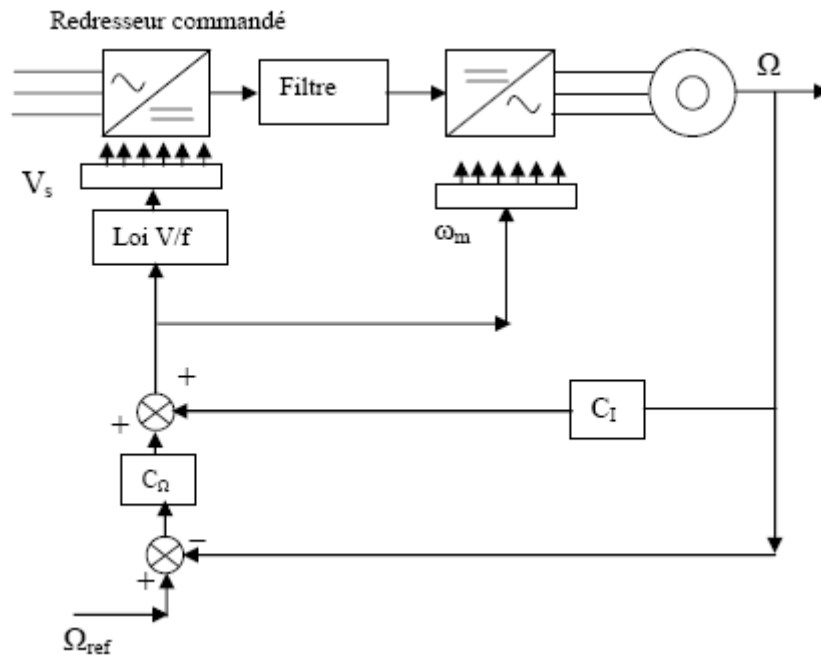


Figure (9) : Commande scalaire avec autopilotage et contrôle de la fréquence rotorique.

c- Commande scalaire avec autopilotage et régulation du flux et du couple

Une augmentation de flux peut entraîner la saturation de la machine. Pour remédier à ce problème on utilise une commande scalaire qui contrôle le flux et du couple.

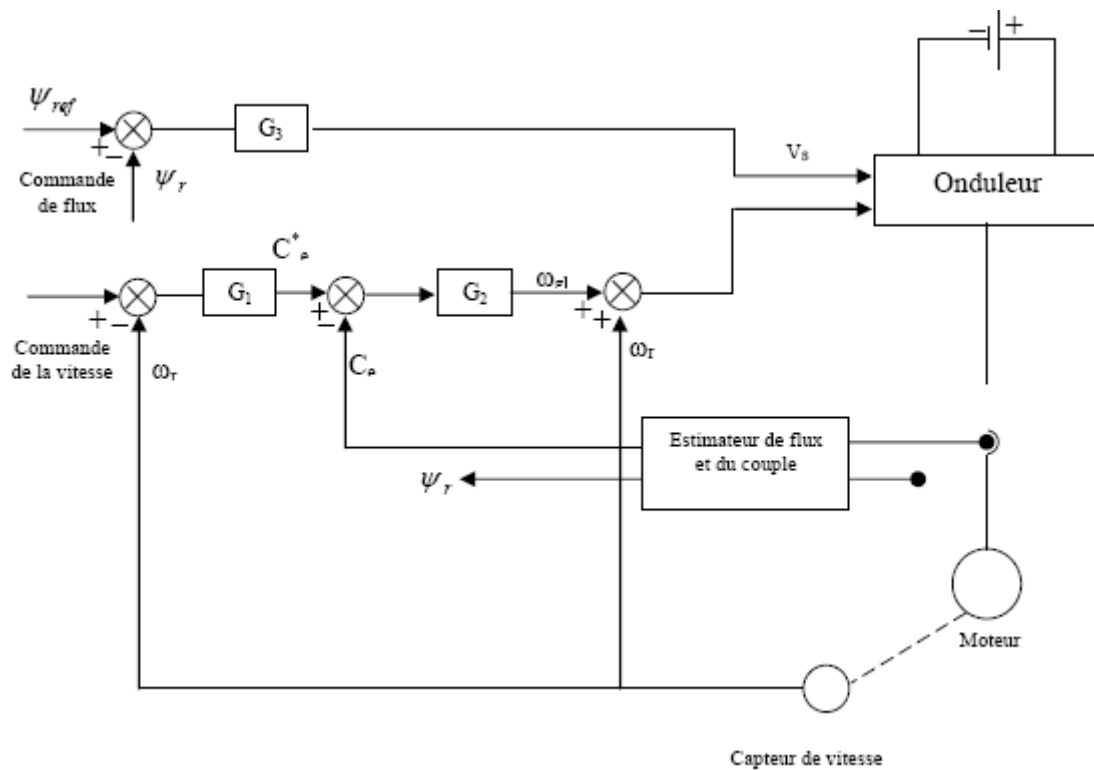


Figure (10) : Commande scalaire avec autopilotage et régulation de flux et couple.

d- Commande scalaire avec alimentation en courant

Dans ce type de commande scalaire, on utilise un onduleur de courant.

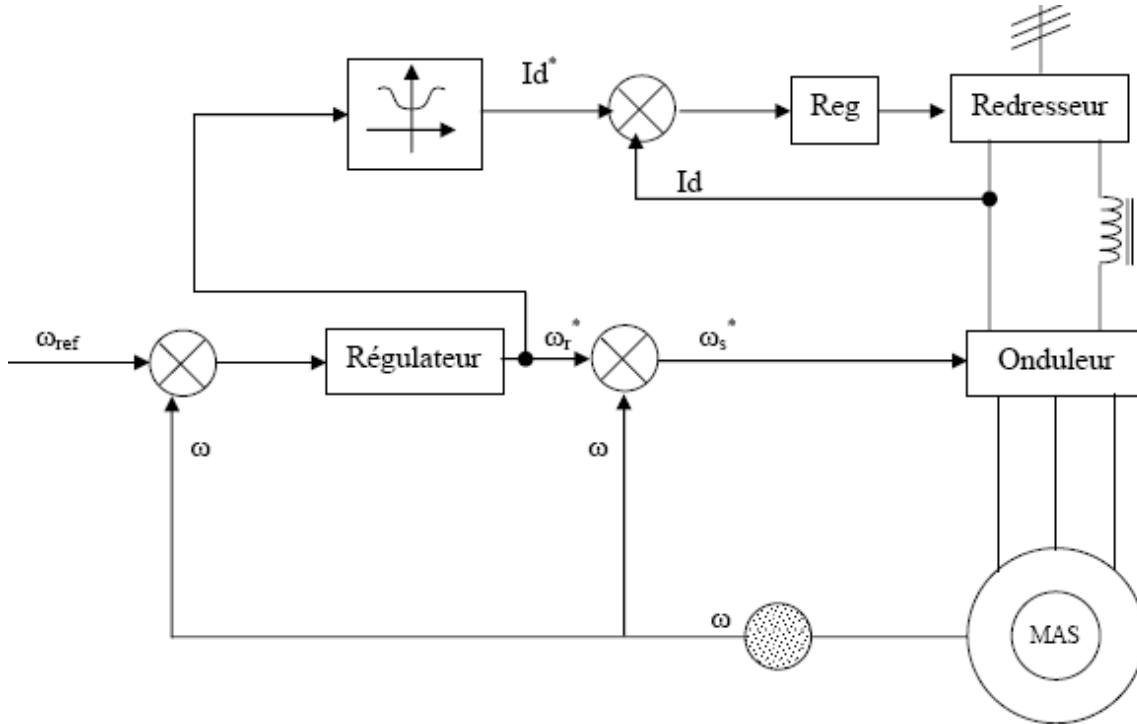


Figure (11) : Commande scalaire avec alimentation en courant.

e- Commande vectorielle (directe ou indirecte) à flux orienté

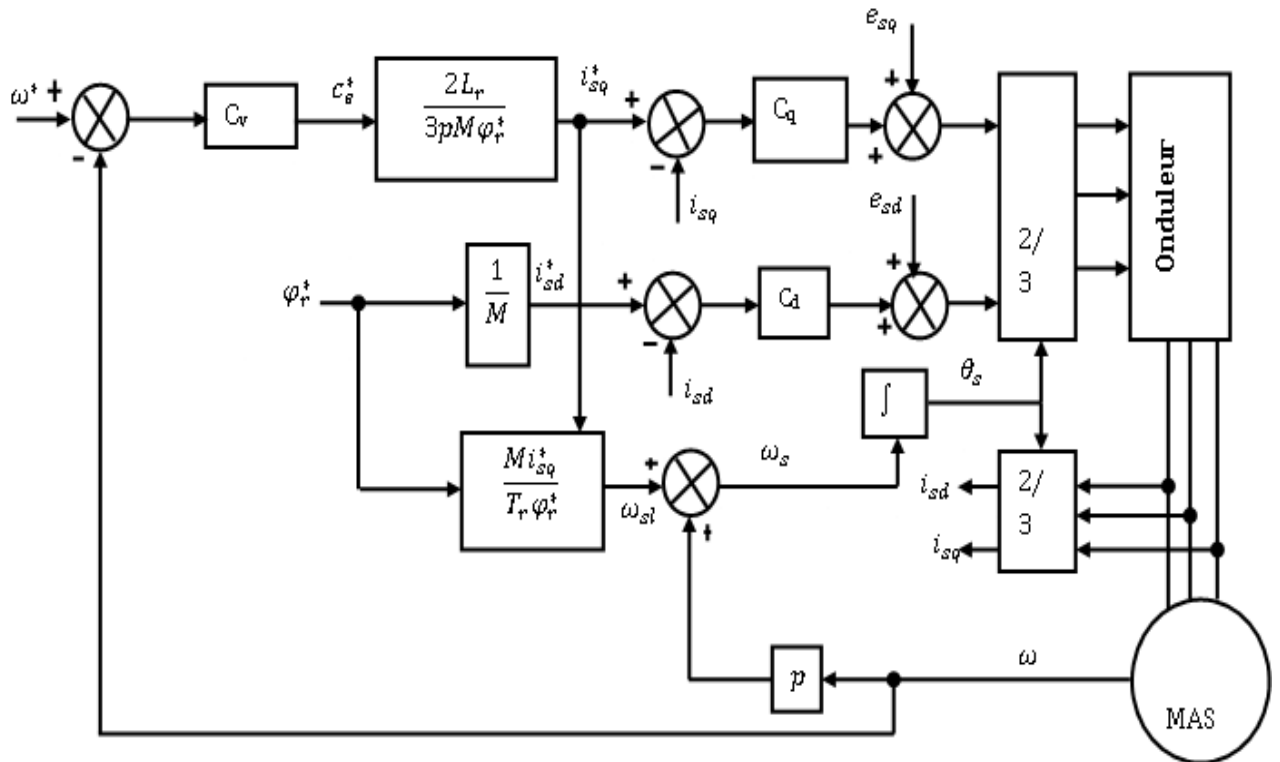


Figure (12) : Commande vectorielle indirecte par orientation du flux rotorique.

f- commande direct du couple

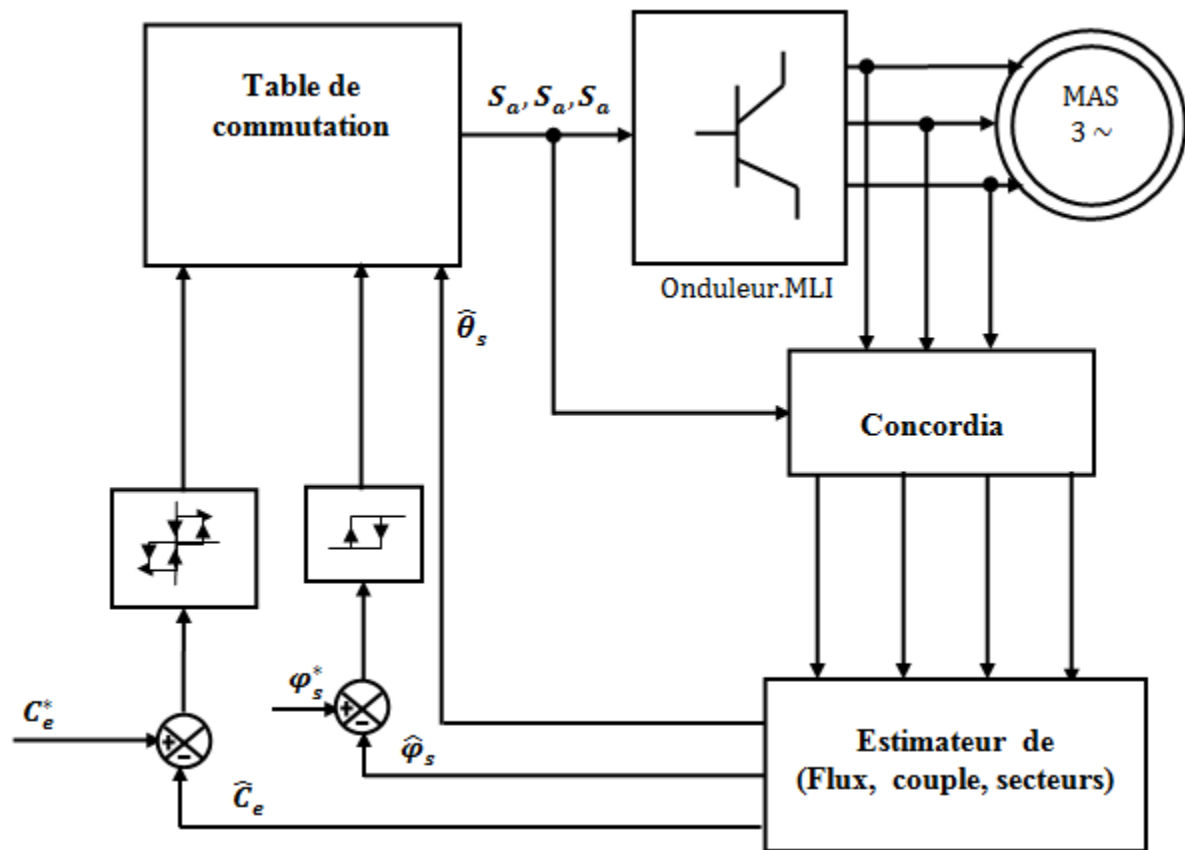


Figure (13) : Commande directe du couple.