

Chapitre 10

MACHINES ELECTROMAGNETIQUES

1	CARACTERISTIQUES GENERALES.....	2
1.1	PRINCIPE.....	2
1.2	PUISSANCE MECANIQUE.....	2
1.3	ECHANGES ENERGETIQUES	2
1.4	MOMENT D'INERTIE.....	3
1.5	FONCTIONNEMENT DANS LES QUATRE QUADRANTS (VOIR COURS CHAPITRE 22).....	4
1.6	CARACTERISTIQUES COUPLE/VITESSE.....	5
1.7	SERVICES NORMALISES.....	6
1.8	MODE DE FIXATION.....	9
2	MOTEUR ASYNCHRONE	10
2.1	PRINCIPE :(VOIR COURS CHAPITRE 13).....	10
2.2	ORGANISATION DE LA MACHINE.....	10
2.3	RACCORDEMENT AU RESEAU EN DEMARRAGE DIRECT.....	14
2.4	LES DEPARTS MOTEURS	15
2.5	PROCEDES DE DEMARRAGE	22
2.6	CARACTERISTIQUES DES DIVERS PROCEDES DE DEMARRAGE	29
2.7	METHODE DE CHOIX D'UNE MACHINE ASYNCHRONE.....	30
3	MOTEUR A COURANT CONTINU	35
3.1	PRINCIPE :(VOIR COURS CHAPITRE 13).....	35
3.2	ORGANISATION DE LA MACHINE.....	36
3.3	CARACTERISTIQUES	39
3.4	PLAQUE SIGNALÉTIQUE COMMENTÉE.	40
3.5	ALIMENTATION D'UNE MACHINE A COURANT CONTINU.....	41
3.6	RACCORDEMENT DANS LA BOITE A BORNES	41
4	MOTEUR MONOPHASE ASYNCHRONE	42
4.1	PRINCIPE.....	42
4.2	SCHEMA DE PRINCIPE	42
5	MOTEUR UNIVERSEL	43
6	MACHINES SYNCHRONES	44
6.1	INTRODUCTION.....	44
6.2	UTILISATION D'UNE MACHINE SYNCHRONE EN ALTERNATEUR.....	44
6.3	MOTEUR SYNCHRONE.....	47
7	FORMULAIRE.....	48
	TRAVAIL PERSONNEL.....	49
	AUTOCORRECTION.....	56
	ANNEXES.....	63

1 Caractéristiques générales

1.1 Principe

(Voir cours Chapitre 13)

Le principe est de convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique pour un moteur et de convertir de l'énergie mécanique en énergie électrique pour une génératrice

1.2 Puissance mécanique

$$P_m = T_m \cdot \omega$$

Avec

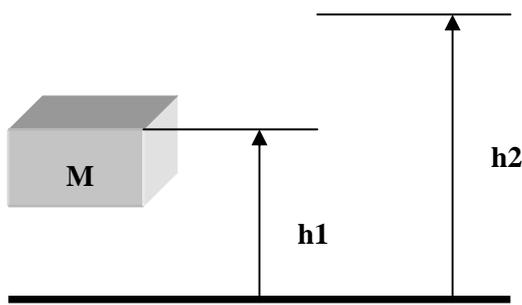
$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

P_m puissance mécanique en W
 T_m couple disponible en bout d'arbre en Nm
 ω vitesse angulaire en rd/s
 N vitesse de rotation en tr/mn

1.3 Echanges énergétiques

1.3.1 Energie potentielle

Modification de l'altitude d'une masse

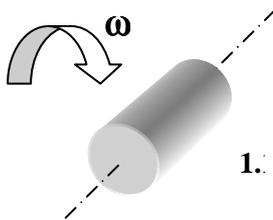


$$W_p = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

W_p en J
 m en kg
 h en m
 g accélérateur de la pesanteur (9,81)

1.3.2 Energie cinétique

- Cylindre tournant autour d'un axe

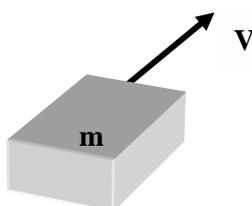


$$W_c = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$$

W_c en J
 ω en rd/s
 J en kg.m²

- Masse animée d'un mouvement de translation

$$W_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$



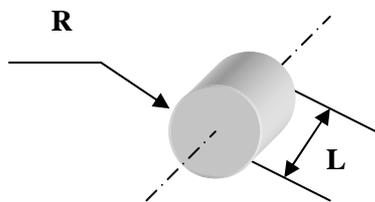
W_c en J
 m en kg
 v en m/s

1.4 Moment d'inertie

La machine accouplée au moteur présente un moment d'inertie J (kg.m^2) plus celui du moteur.

1.4.1 Mouvement de rotation

Cylindre plein



$$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2$$

m masse en kg
 R rayon en m
 J moment en Kg.m^2

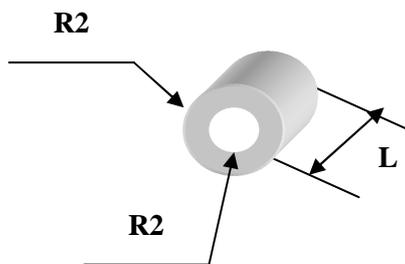
Exemple :

Un roto en acier de 150 mm de diamètre dont la masse est de 50 kg est entraîné à 3000 tr/mn

Son moment d'inertie est : $J = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 0,075^2 = 0,14 \text{ kg.m}^2$

L'énergie accumulée $W_c = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,14 \cdot (2 \pi \cdot 3000 / 60)^2 = 6908 \text{ J}$

Cylindre creux



$$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (R_2^2 + R_1^2)$$

m masse en kg
 R_2 rayon extérieur en m
 R_1 rayon intérieur en m
 J moment en Kg.m^2

Exemple :

Une poulie en acier de 300 mm de diamètre extérieur et de 250 mm de diamètre intérieur et d'une masse de 50 kg est entraînée à 3000 tr/mn

Son moment d'inertie est : $J = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot (0,15^2 - 0,125^2) = 0,17 \text{ kg.m}^2$

L'énergie accumulée $W_c = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,17 \cdot (2 \pi \cdot 3000 / 60)^2 = 34050 \text{ J}$

1.4.2 Mouvement de translation

$$J = m \cdot V^2 / \omega^2$$

Avec

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

J moment d'inertie au niveau de l'axe d'entraînement du moteur en Kg.m^2

V vitesse linéaire de déplacement de la masse en m/s

N vitesse de rotation du moteur en tours/mn

ω vitesse de rotation du moteur en rd/s

Exemple :

Une pièce en acier d'une masse de 50 kg est entraînée sur un tapis roulant à la vitesse de 0,5 m/s par un moteur tournant à 1500 tr/mn

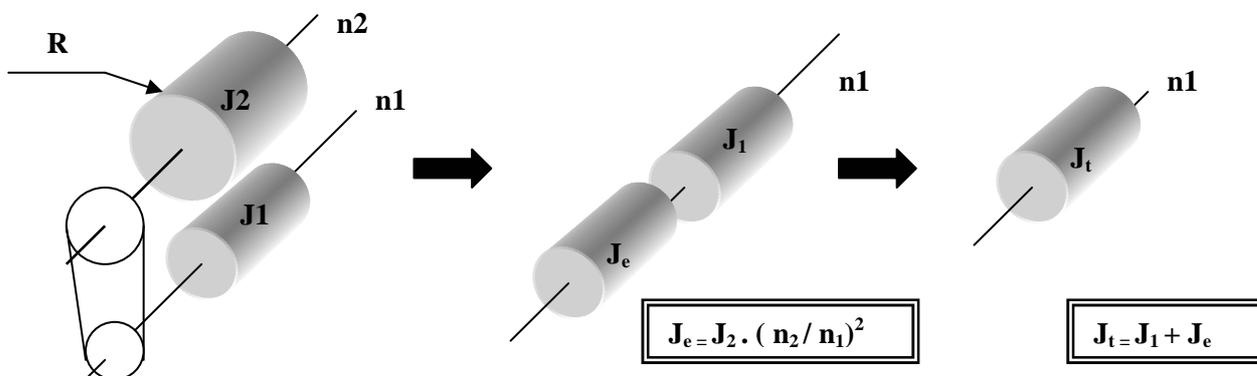
Son moment d'inertie est : $J = 50 \cdot 0,5^2 / 157^2 = 0,5 \text{ g.m}^2$

L'énergie accumulée $W_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 0,5^2 = 6,25 \text{ J}$

1.4.3 Moment équivalent ramené sur l'arbre moteur

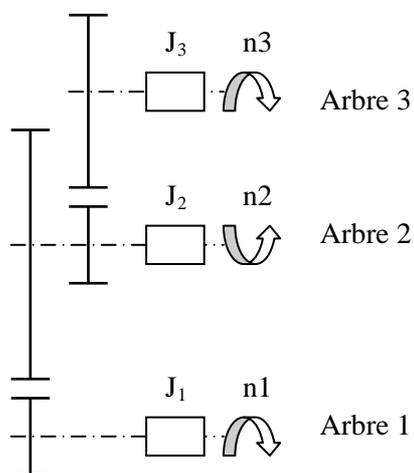
En général une chaîne cinématique entraînée par un moteur est composée de plusieurs éléments dont les vitesses de rotation sont différentes.

La représentation des moments d'inertie équivalents permet de les additionner s'ils sont ramenés sur un arbre de vitesse de rotation n



Exemple :

Calculer les moments d'inertie ramenés sur l'arbre 1 et le moment d'inertie total si

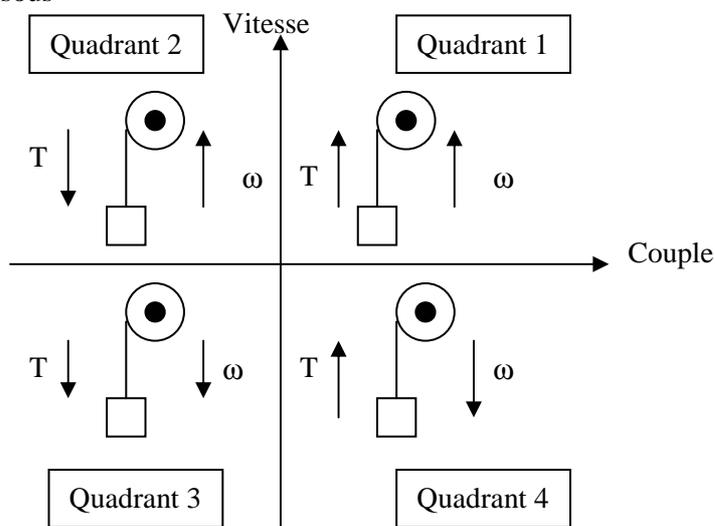


$J_1 = 0,054 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 ; n_1 = 2940 \text{ tr/mn}$
 $J_2 = 0,22 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 ; n_2 = 650 \text{ tr/mn}$
 $J_3 = 0,054 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 ; n_3 = 2940 \text{ tr/mn}$

$J_{e2} = 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
 $J_{e3} = 0,048 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
 $J_T = 0,069 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

1.5 Fonctionnement dans les quatre quadrants (Voir cours Chapitre 22)

Le différents modes de fonctionnement d'un moteur électrique peuvent être schématisés par la figure ci-dessous



Quadrant 1 :

la machine entraîne le mécanisme en lui fournissant de l'énergie, fonctionnement en moteur (par exemple montée normale)

Quadrant 2 :

La machine reçoit une énergie mécanique, fonctionnement en génératrice (par exemple freinage en montée)

Quadrant 3 :

la machine entraîne le mécanisme en lui fournissant de l'énergie, fonctionnement en moteur (par exemple démarrage en descente)

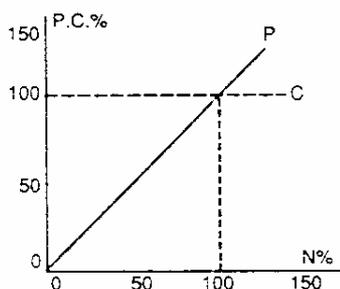
Quadrant 4 :

La machine reçoit une énergie mécanique, fonctionnement en génératrice (par exemple descente normale)

1.6 Caractéristiques couple/vitesse

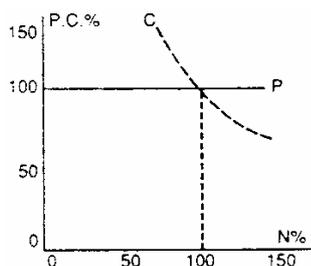
Pour déterminer convenablement le choix du moteur il est important de connaître la caractéristique couple/vitesse des différentes machines entraînées

1.6.1 Couple constant



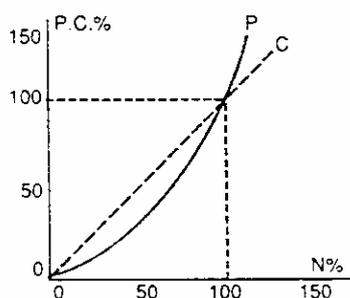
- 90% des machines (pompes exceptées)
- Le couple demandé par la machine est indépendant de la vitesse

1.6.2 Puissance constante



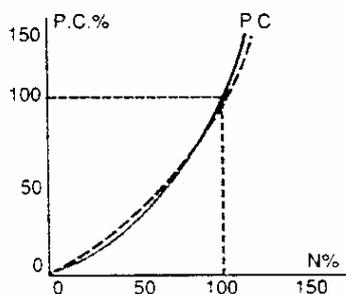
- Le plus souvent pour les machines outils et les systèmes d'enroulement
- La puissance demandée est indépendante de la vitesse et le couple varie de façon inversement proportionnelle à la vitesse

1.6.3 Couple croissant linéairement comme la vitesse



- $C = k.N$
- $P = k.N^2$
- Pour certaines pompes volumétriques et mélangeurs

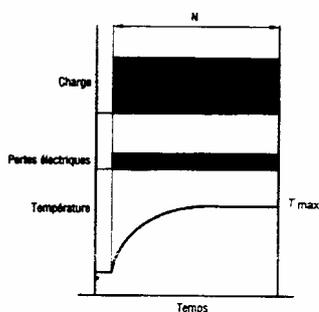
1.6.4 Couple croissant comme le carré de la vitesse



- $C = k.N^2$
- $P = k.N^3$
- Pompes centrifuge et ventilateur

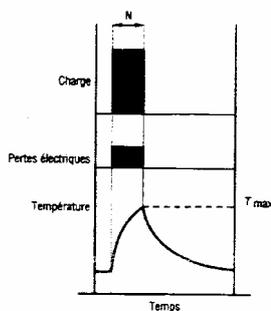
1.7 Services normalisés

Service continu - Service type S1 :



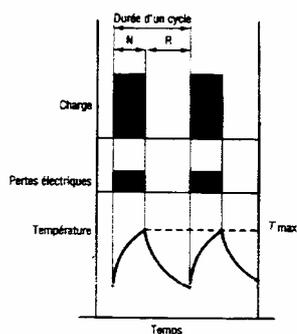
Fonctionnement à charge constante nominale d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint. Fdm (facteur de marche) = 1 et n (nombre de démarrages équivalent par heure) ≤ 6 .

Service temporaire - Service type S2 :



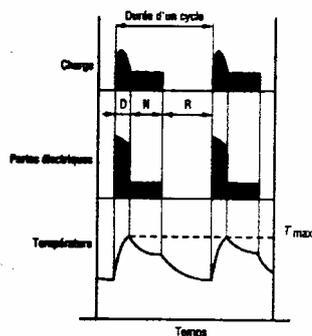
Fonctionnement à charge constante nominale pendant un temps déterminé N, moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un repos d'une durée suffisante pour rétablir à 2° C près l'égalité de température entre la machine et le fluide de refroidissement. Fdm selon cahier des charges et $n = 1$.

Service Intermittent périodique - Service type S3 :



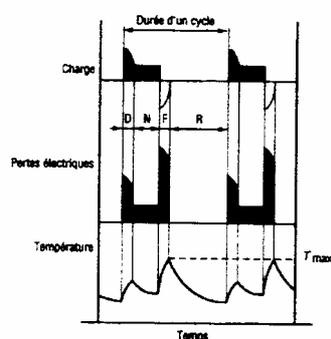
Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de repos R. Dans ce service, le cycle est tel que le courant de démarrage n'affecte pas l'échauffement de façon significative. $Fdm = N/N+R$ et $n = 0$.

Service intermittent périodique à démarrage - Service type S4 :



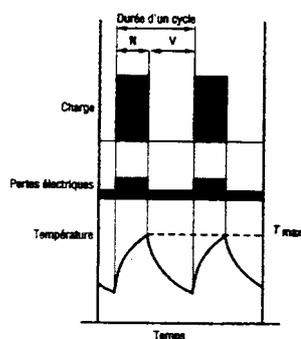
Suite de cycles de service identiques comprenant une période appréciable de démarrage D, une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de repos R. $F_{dm} = N+D/N+D+R$ et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule.

Service intermittent périodique à freinage électrique - Service type S5 :



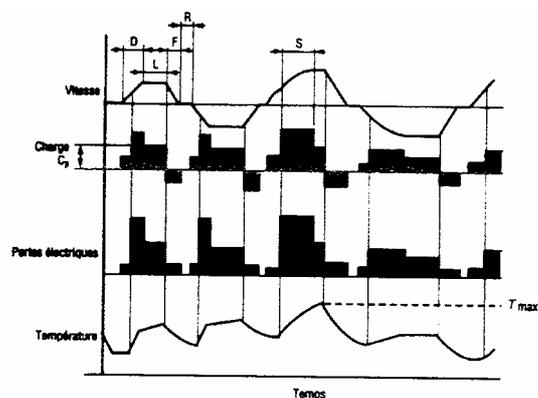
Suite de cycles de service périodiques comprenant chacun une période de démarrage D, une période de fonctionnement à charge constante nominale N, une période de freinage électrique rapide F et une période de repos R. $F_{dm} = N+D+F/N+D+F+R$ et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule.

Service ininterrompu périodique à charge intermittente - Service type S6 :



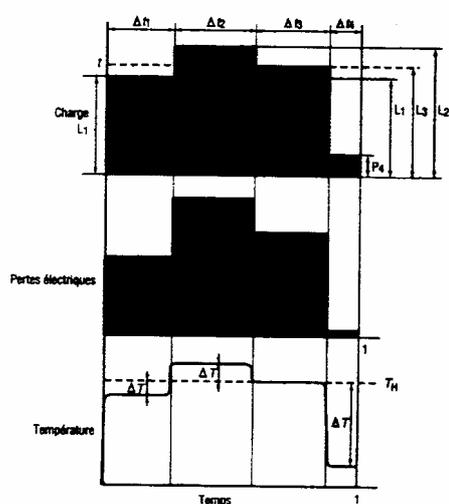
Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante nominale N et une période de fonctionnement à vide V. Il n'existe pas de période de repos s. $F_{dm} = N/N+V$ et $n = 0$. Calcul de P pour régime intermittent.

Service ininterrompu périodique à freinage électrique - Service type S7 :



Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de démarrage D, une période de fonctionnement à charge constante L et une période de freinage électrique F. Il n'existe pas de période de repos. $F_{dm} = 1$ et n selon cahier des charges, remplacer n par 4n dans la formule.

Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et vitesse - Service type S8 :



Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante L_1 correspondant à une vitesse de rotation prédéterminée, suivie d'une ou plusieurs périodes de fonctionnement à d'autres charges constantes L_2, L_3 correspondant à différentes vitesses de rotation. Il n'existe pas de période de repos. $F_{dm} = 1$ et n selon cahier des charges, remplacer n par $4n$ dans la formule. Calcul de P pour régime intermittent.

Service à variations non périodiques de charge et de vitesse - Service type S9 :

Service dans lequel la charge et la vitesse ont une variation non périodique dans la plage de fonctionnement admissible. Ce service inclut fréquemment des surcharges appliquées qui peuvent être largement supérieures à la pleine charge. Pour ce service type, des valeurs appropriées à pleine charge devront être considérées comme bases du concept de surcharge. $F_{dm} = 1$ et n selon cahier des charges, remplacer n par $4n$ dans la formule. Calcul de P pour régime intermittent.

Service à régimes constants distincts - Service type S10 :

Service comprenant au plus quatre valeurs distinctes de charges (ou charges équivalentes), chaque valeur étant appliquée pendant une

1.8 Mode de fixation

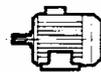
(selon Norme CEI 34-7)

Moteurs à pattes de fixation

- toutes hauteurs d'axes

IM 1001 (IM B3)

- Arbre horizontal
- Pattes au sol



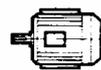
IM 1071 (IM B8)

- Arbre horizontal
- Pattes en haut



IM 1051 (IM B6)

- Arbre horizontal
- Pattes au mur à gauche
vue du bout d'arbre



IM 1011 (IM V5)

- Arbre vertical vers le bas
- Pattes au mur



IM 1061 (IM B7)

- Arbre horizontal
- Pattes au mur à droite
vue du bout d'arbre



IM 1031 (IM V6)

- Arbre vertical vers le haut
- Pattes au mur



Moteurs à bride (FF) de fixation à trous lisses

- toutes hauteurs d'axes
(excepté IM 3001 limité à hauteur d'axe 225)

IM 3001 (IM B5)

- Arbre horizontal



IM 2001 (IM B35)

- Arbre horizontal
- Pattes au sol



IM 3011 (IM V1)

- Arbre vertical en bas



IM 2011 (IM V15)

- Arbre vertical en bas
- Pattes au mur



IM 3031 (IM V3)

- Arbre vertical en haut



IM 2031 (IM V36)

- Arbre vertical en haut
- Pattes au mur

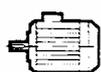


Moteurs à bride (FT) de fixation à trous taraudés

- hauteurs d'axes ≤ 132 mm

IM 3601 (IM B14)

- Arbre horizontal



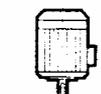
IM 2101 (IM B34)

- Arbre horizontal
- Pattes au sol



IM 3611 (IM V18)

- Arbre vertical en bas



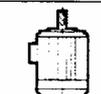
IM 2111 (IM V58)

- Arbre vertical en bas
- Pattes au mur



IM 3631 (IM V19)

- Arbre vertical en haut



IM 2131 (IM V69)

- Arbre vertical en haut
- Pattes au mur



Moteurs sans palier avant

Attention : la protection (IP) plaquée des moteurs IM B9 et IM B15 est assurée lors du montage du moteur par le client.

IM 9101 (IM B9)

- A tiges filetées de fixation
- Arbre horizontal



IM 1201 (IM B15)

- A pattes de fixation et tiges filetées
- Arbre horizontal



2 Moteur asynchrone

2.1 Principe (Voir cours Chapitre 13)

Le principe utilisé est commun aux moteurs monophasés et triphasés. Un champ magnétique tournant est généré perpendiculairement et au voisinage de conducteurs dans la masse du rotor.

Les conducteurs sont reliés entre eux en une structure nommée « cage d'écureuil ».

Le champ tournant permet l'induction de courants dans ces conducteurs. (Loi de LENZ)

Le passage de ces intensités perpendiculairement au champ magnétique permet la création de forces qui vont entraîner la rotation du rotor. Ce type de moteur est nommé « asynchrone ».

2.1.1 Puissance

Puissance d'entrée

$$P_e = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cos \varphi$$

P_e : puissance électrique absorbée en W

U : Tension d'alimentation en V

I : Intensité absorbée en A

$\cos \varphi$: Facteur de puissance

Puissance de sortie

$$P_m = T_m \cdot \omega$$

P_m : puissance mécanique en W

T_m : couple moteur en m.N

ω : vitesse angulaire en rd/s

2.1.2 Vitesse angulaire

$$\omega = \frac{2\pi n'}{60}$$

ω : vitesse angulaire en rd/s

n' : fréquence de rotation du rotor en tr/mn

2.1.3 Fréquence de rotation du champ tournant

$$n = \frac{f}{p}$$

n : fréquence de rotation du champ tournant en rd/s

p : nombre de paire de pôles

2.1.4 Glissement

$$g = \frac{(n - n')}{n'}$$

g : glissement en %

n : fréquence de rotation du champ tournant

n' : fréquence de rotation du rotor

2.2 Organisation de la machine

L'organisation d'une machine asynchrone est constituée des principaux éléments suivants :

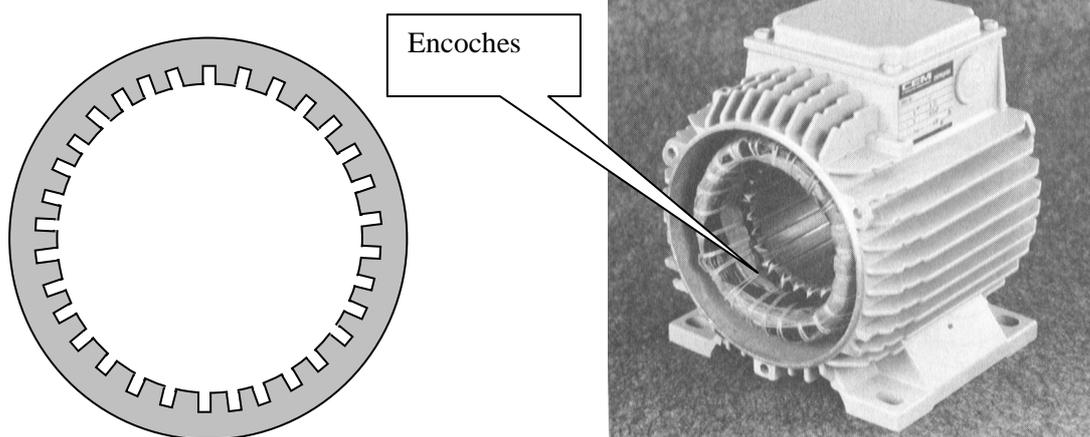
- le stator (partie fixe)
- le rotor (partie tournante)
- les organes mécaniques permettant la rotation du rotor et le maintien des différents sous-ensembles

2.2.1 Stator

2.2.1.1 Circuit magnétique

Il permet de canaliser le flux au par des tôles magnétiques placées dans le sens radial en forme d'anneaux.

Il est constitué d'un empilage de tôles d'acier au silicium de 0,35 à 0,5 mm d'épaisseur pour permettre de diminuer les pertes par hystérésis et courant de Foucault, ces tôles sont isolées entre elles par oxydation ou vernis et dans lesquelles sont découpées des encoches parallèles à l'axe de la machine.



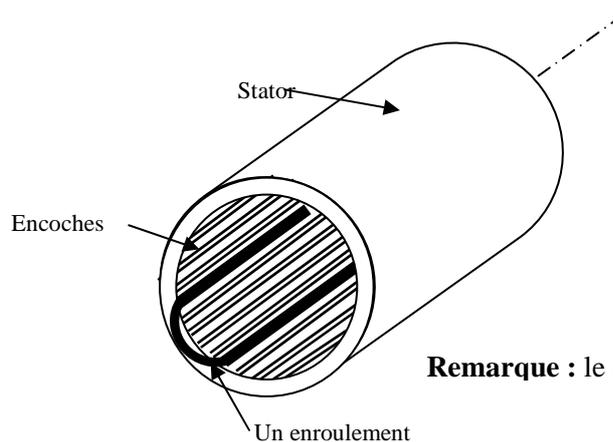
D'après CEM

Tôle d'acier avec ces encoches

2.2.1.2 Circuit électrique

Il est constitué de trois enroulements bobinés (couplés en étoile ou en triangle) répartis dans les encoches du circuit magnétique statorique.

Le passage du courant dans les fils est tel qu'il induit un magnétisme caractérisé par la présence de pôles Nord et Sud.

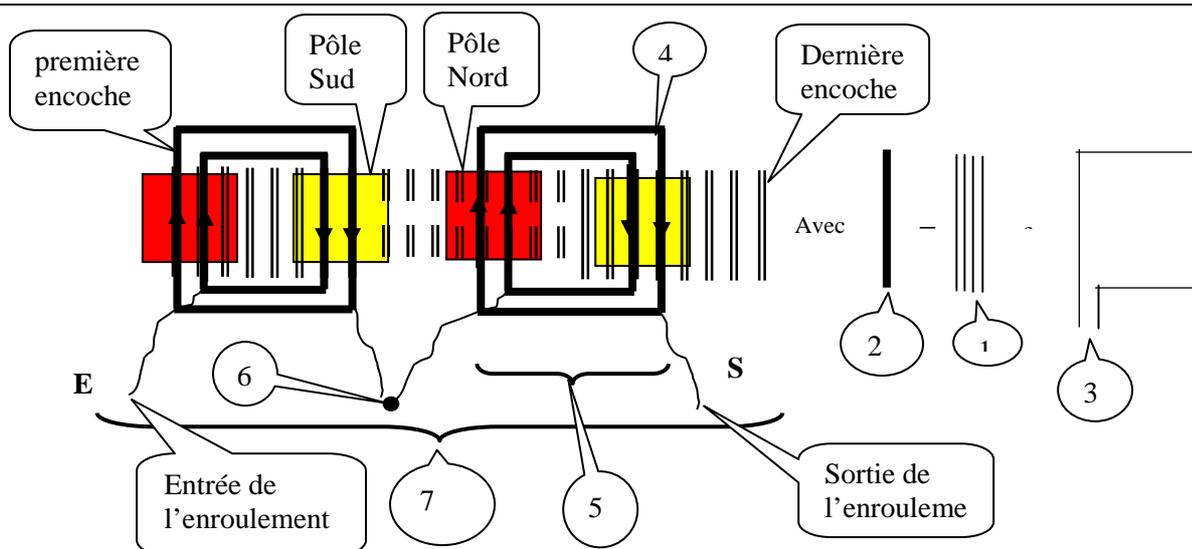


Remarque : le nombre d'encoches est toujours divisible par 6

- Représentation panoramique

Les encoches sont représentées « à plat ». La première se trouve donc dissociée de la dernière. Cette représentation donne une idée de la position des différentes bobines et de leurs connections.

Les différents enroulements seront disposés à l'intérieur de ces encoches.

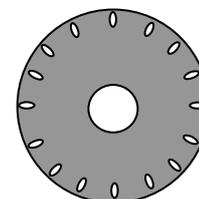


1	Brins actifs	Conducteurs insérés dans une encoche
2	Faisceaux	Ensemble de brins actifs dans une encoche parcourus dans le même sens par le courant d'une phase
3	Spire	Deux brins actifs reliés d'une encoche à l'autre (conducteur aller et retour)
4	Bobine ou section	Ensemble de spires formée par deux faisceau
5	Groupe de bobine	Ensemble de bobines reliées en série
6	Connexion	Liaison de groupe de bobines en elles(en série ou en parallèle)
7	Enroulement ou phase	Ensemble de groupe de bobine

2.2.2 Rotor à cage

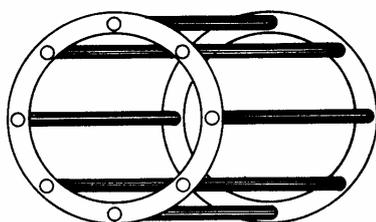
2.2.2.1 Circuit magnétique

Il est composé d'une couronne de tôles magnétiques identiques à celles du stator et sont assemblées pour former un cylindre sur l'arbre du moteur. Ces tôles comportent des encoches ouvertes ou fermées.

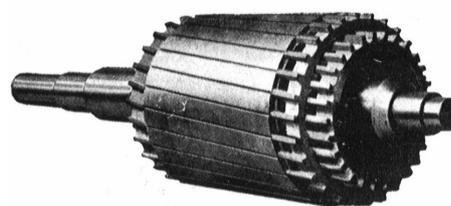


2.2.2.2 Circuit électrique

Le circuit du rotor est constitué de barres conductrices régulièrement réparties entre deux couronnes métalliques formant les extrémités, le tout rappelant la forme d'une cage d'écureuil insérée à l'intérieur d'un circuit magnétique.



Cage d'écureuil



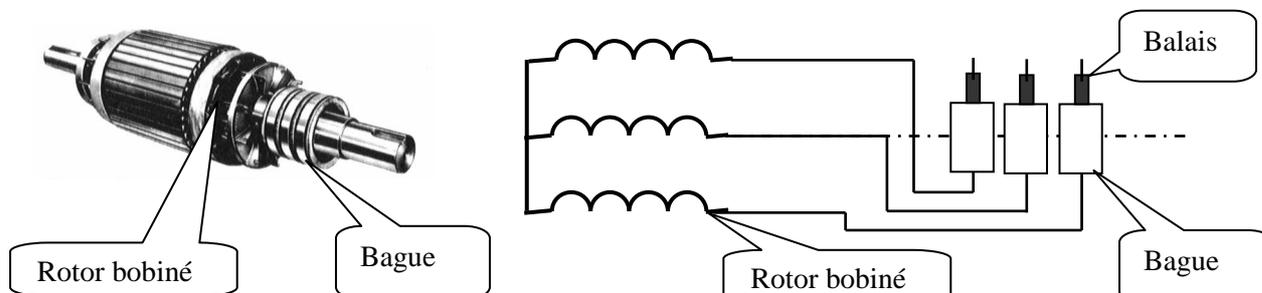
Rotor à double cage

2.2.3 Rotor bobiné

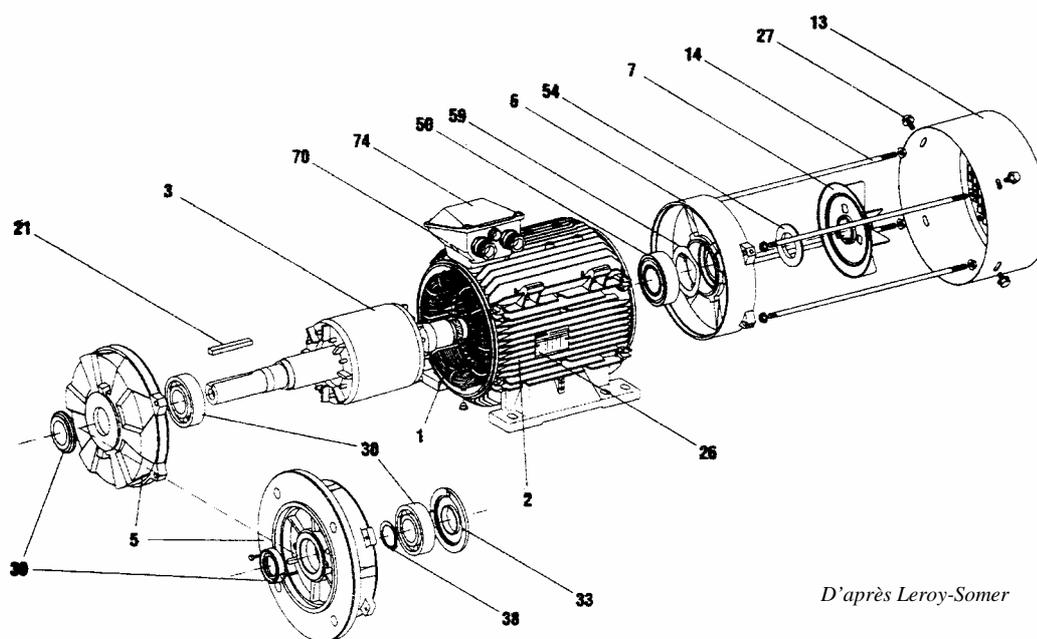
Le rotor comporte un enroulement bobiné à l'intérieur d'un circuit magnétique identique à celui d'un moteur à cage. Cet enroulement est triphasé à couplage en étoile.

Les extrémités des enroulements rotoriques sont sorties et reliées à des bagues montées sur l'arbre, sur lesquelles frottent des balais en carbone. On peut ainsi mettre en série avec le circuit

rotorique des éléments de circuit complémentaires (résistances, électronique de puissance...). Ce type de moteur est utilisé essentiellement dans des applications où les démarrages sont difficiles et/ou nombreux.



2.2.4 Organes mécaniques (voir schéma ci-dessous)



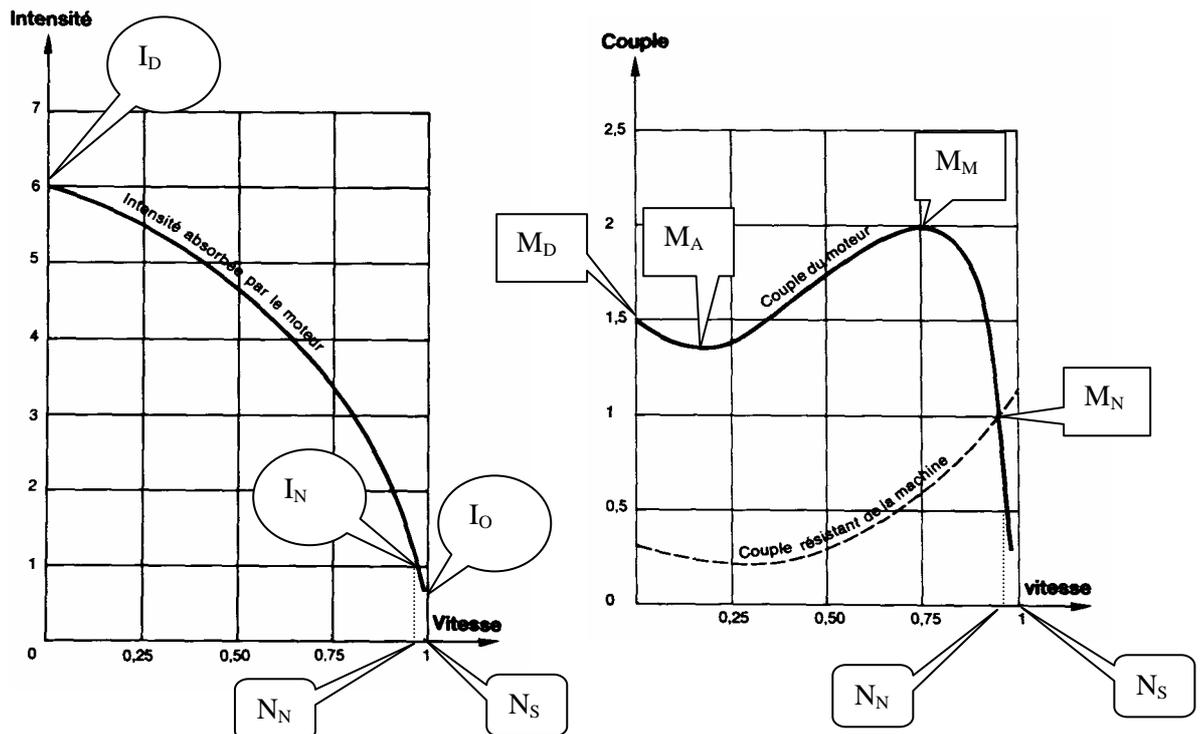
D'après Leroy-Somer

- | | |
|--|--|
| 1 : Stator bobiné | 2 : Carter |
| 3 : Rotor | 5 : Flasque côté accouplement |
| 6 : Flasque arrière | 7 : Ventilateur |
| 13 : Capot de ventilation | 14 : Tiges de montage |
| 21 : Clavette | 26 : Plaque signalétique |
| 27 : Vis de fixation du capot | 30 : Roulement côté accouplement |
| 33 : Chapeau intérieur côté accouplement | 38 : Circlips de roulement côté accouplement |
| 39 : Joint côté accouplement | 50 : Roulement arrière |
| 54 : Joint arrière | 59 : Rondelle de précharge |
| 70 : Corps de boîte à bornes | 74 : Couvercle de boîte à bornes |

2.3 Raccordement au réseau en démarrage direct

Le moteur asynchrone est le moteur le plus utilisé dans l'ensemble des applications industrielles, du fait de sa facilité de mise en oeuvre, de son faible encombrement, de son bon rendement et de son excellente fiabilité. Les caractéristiques de courant absorbé et de couple font apparaître une pointe d'intensité de 5 à 10 fois I_N ainsi qu'un à-coup de couple au démarrage. (voir caractéristiques).

2.3.1 Caractéristiques



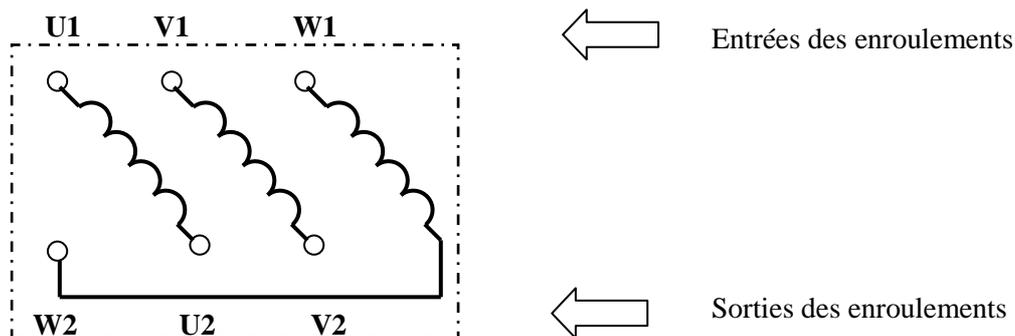
I_D : Courant de démarrage
 I_N : Courant nominal
 I_O : Courant à vide
 N_N : Vitesse nominale
 N_S : Vitesse de synchronisme

M_D : Moment de démarrage
 M_A : Moment d'accrochage
 M_M : Moment maximal ou de décrochage
 M_N : Moment nominal

2.3.2 Couplage

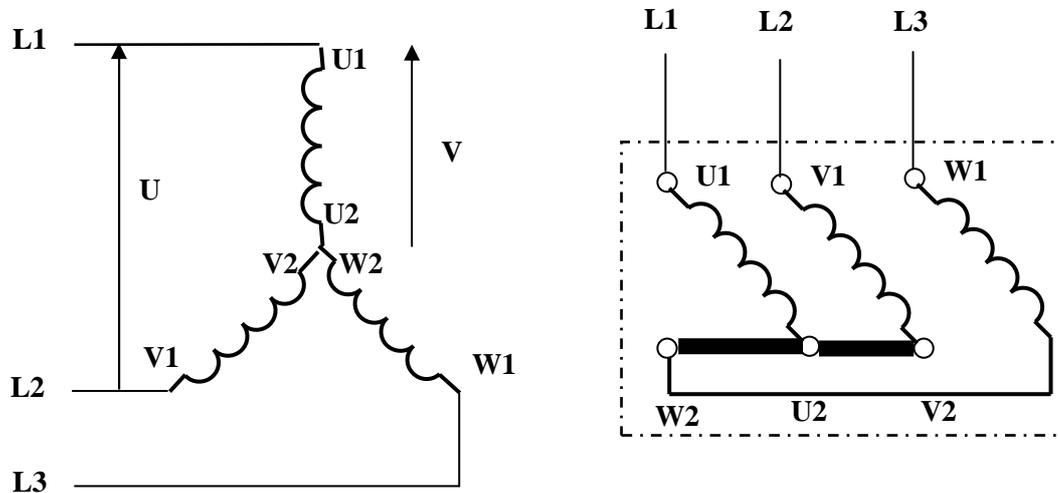
Deux couplages sont possibles : étoile (Y) qui impose une tension simple à chaque enroulement ou triangle (D) qui impose une tension composée à chaque enroulement

2.3.2.1 Plaque à borne normalisée



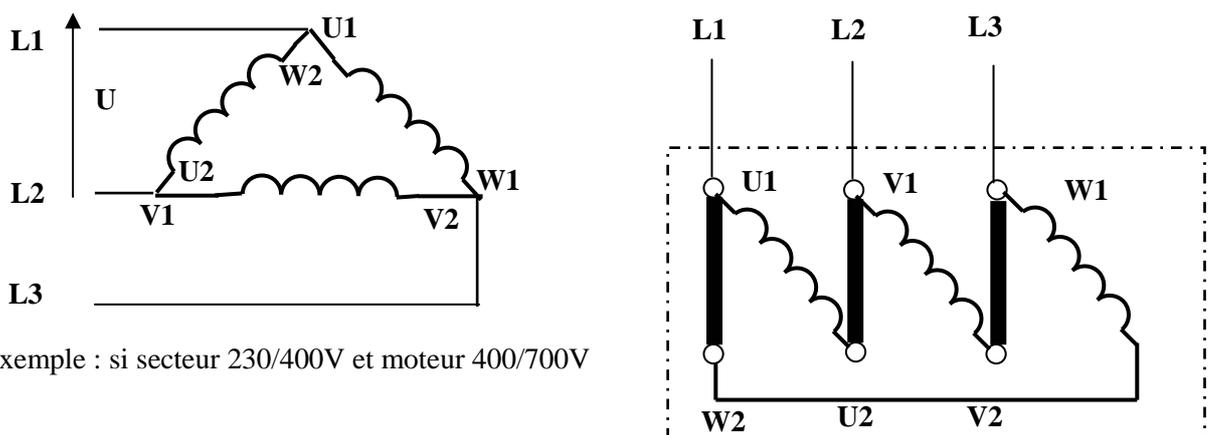
Les bornes peuvent avoir l'ancienne appellation U, V, W, X, Y, Z

Couplage étoile : si V (tension simple) secteur = V plaque signalétique du moteur



Exemple : si secteur 230/400V et moteur 230/400V

Couplage triangle : si U (tension composée) secteur = V plaque signalétique du moteur



Exemple : si secteur 230/400V et moteur 400/700V

2.4 Les départs moteurs

2.4.1 Les fonctions de base du départ moteur

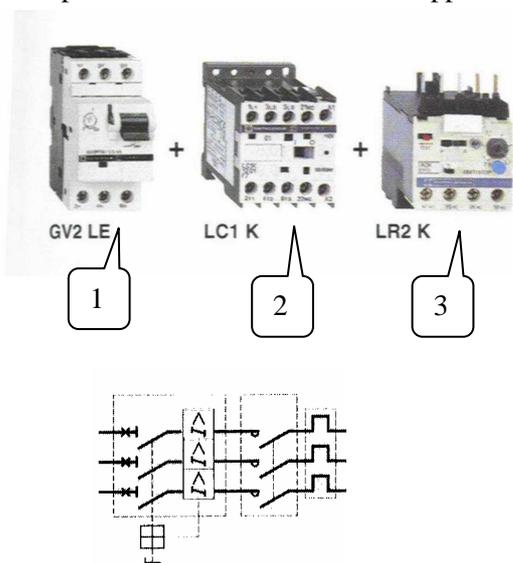
Elles sont au nombre de cinq :

- Sectionnement et/ou Interruption
- Consignation
- Protection contre les courts-circuits
- Protection contre les surcharges
- Commutation

2.4.2 Les solutions départs-moteurs

2.4.2.1 Solution « 3 produits » *D'après Télémécanique*

Elle repose sur l'association de trois appareillages distincts



Appareil 1 :

- Sectionneur et fusibles aM
- Interrupteur sectionneur et fusibles aM
- Disjoncteur magnétique intégrant la fonction sectionneur

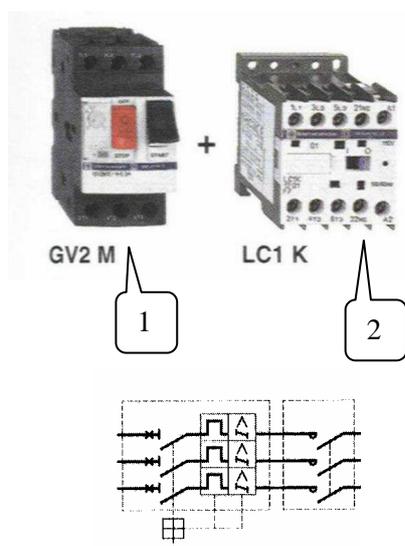
Appareil 2

- Contacteur

Appareil 3

- Relais de protection thermique

2.4.2.2 Solution « 2 produits » *D'après Télémécanique*



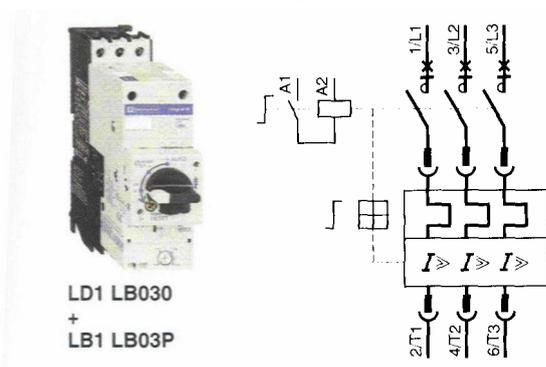
Appareil 1 :

- Disjoncteur moteur magnéto-thermique intégrant les fonctions sectionnement et interruption

Appareil 2

- Contacteur

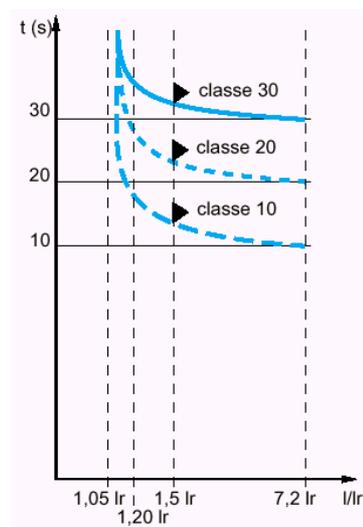
2.4.2.3 Solution « 1 produit » *D'après Télémécanique*



- Appareillage de type « combiné » associant dans un même ensemble un disjoncteur moteur et un contacteur
- Appareillage de type « intégral » regroupant dans un seul ensemble toutes les fonctions de base d'un départ-moteur

2.4.3 Classe de déclenchement des relais thermiques

Les relais thermiques protègent les moteurs contre les surcharges en régime établi ils doivent aussi permettre leur démarrage quel que soit leur durée. A cet effet, ils sont proposés en trois classes de déclenchement (norme IEC 947-4-1)



D'après Télémechanique

2.4.4 Coordination

La norme définit des essais à différents niveaux d'intensité, essais qui ont pour but de placer l'appareillage dans des conditions extrêmes. Selon l'état des constituants après essais, la norme définit 2 types de coordination :

2.4.4.1 Coordination type 1

Il est accepté une détérioration du contacteur et du relais sous 2 conditions :

- aucun risque pour l'opérateur
- les éléments autres que le contacteur et le relais thermique ne doivent pas être endommagés.

2.4.4.2 Coordination type 2

Il est seulement admis une légère soudure des contacts du contacteur ou du démarreur, s'ils sont facilement séparables.

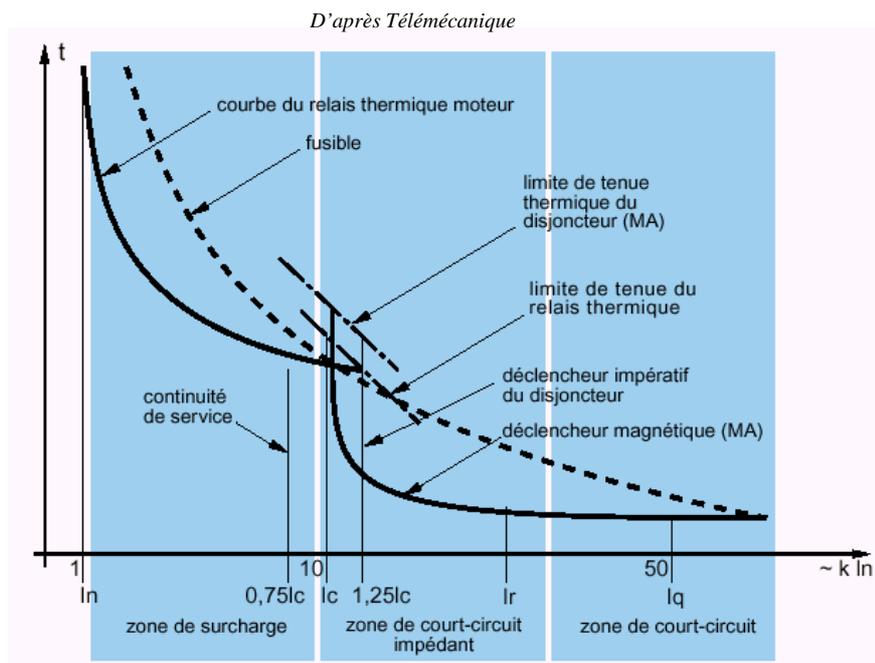
Après essais de coordination de type 2, les fonctions des appareillages de protection et de commandes sont opérationnelles.

2.4.4.3 Choix de la coordination

- type 1 :
 - service entretien qualité
 - coût d'appareillage réduit
 - continuité de service non exigée ou assurée, par remplacement du tiroir moteur ou des éléments défailants
- type 2 :
 - continuité de service impérative
 - service entretien réduit
 - spécifications stipulant type 2.

2.4.4.4 Les différents courants d'essais en coordination type 2

Pour garantir une coordination type 2, la norme impose 3 essais de courant de défaut pour vérifier le bon comportement de l'appareillage en condition de surcharge et de court-circuit.



- **Courant I_c (surcharge $I_c < 10 I_n$)**

Le relais thermique assure la protection contre ce type de défaut, jusqu'à une valeur I_c (fonction de I_m) définie par le constructeur.

La norme CEI 947-4-1 précise les 2 tests à réaliser pour garantir la coordination entre le relais thermique et le dispositif de protection contre les courts-circuits :

- à $0,75 I_c$ le relais thermique seul doit intervenir
- à $1,25 I_c$ le dispositif de protection contre les courts-circuits doit intervenir.

Après les essais à $0,75$ et $1,25 I_c$ les caractéristiques de déclenchement du relais thermique doivent rester inchangées.

La coordination de type 2 permet ainsi d'augmenter la continuité de service. La refermeture du contacteur peut se faire automatiquement après élimination du défaut.

- **Courant I_r (court-circuit impédant $10 < I < 50 I_n$)**

La principale cause de ce type de défaut est due à la détérioration des isolants. La norme CEI 947-4-1 définit un courant de court-circuit intermédiaire I_r . Ce courant d'essai permet de vérifier que le dispositif de protection assure une protection contre les courts-circuits impédants.

Après essai, le contacteur et le relais thermique doivent conserver leurs caractéristiques d'origine.

Le disjoncteur doit déclencher en un temps ≤ 10 ms pour un courant de défaut $\geq 15 I_n$.

- **Courant I_q (court-circuit $I > 50 I_n$)**

Ce type de défaut est assez rare, il peut avoir pour origine une erreur de connexion au cours d'une opération de maintenance.

La protection en cas de court-circuit est réalisée par des dispositifs à ouverture rapide.

La norme CEI 947-4-1 définit un courant " I_q " généralement ≥ 50 kA.

Ce courant I_q permet de vérifier l'aptitude en coordination des différents appareillages d'une ligne d'alimentation moteur.

Après cet essai aux conditions extrêmes tous les appareillages entrant dans la coordination doivent rester opérationnels.

2.4.4.5 Exemples

Ces solutions sont traitées avec un moteur asynchrone triphasé de puissance 4 Kw (8,1A), sous une tension réseau de 400 V.

- **Absence de coordination**

Les risques sont importants pour l'opérateur, les dommages physiques et matériels peuvent l'être également.

Non autorisée par les normes :

- NF C 15-100 article 133-1
- EN 60-204-1 article 1.1/4.2
- CEI 947-4-1 article 7.2.5.

- **Coordination de type 1**

C'est la solution standard, la plus utilisée.

Avant de redémarrer, la remise en état du départ-moteur peut s'avérer nécessaire.

Conséquences : temps d'arrêt machine non négligeable, personnel de maintenance qualifié pour réparer, contrôler, approvisionner.

- Solution départ-moteur trois produits :
 - sectionneur : LS1D32 + cartouches-fusibles DF2CA12 (aM 12A)
 - contacteur : LC1 K09
 - relais thermique : LR2 K0316

Exemple : air conditionné dans le tertiaire...

- **Coordination de type 2**

C'est la solution haute performance.

Conséquences : temps d'arrêt machine réduit, opération simple.

- Solution départ-moteur trois produits :
 - sectionneur-Interrupteur : GS1F + cartouches-fusibles DF2EA10 (aM 10A)
 - contacteur : LC1 D09
 - relais thermique : LRD14

Exemple : escaliers mécaniques...

- **Coordination totale**

C'est la solution haute performance, aucun dommage ni dérèglement n'est accepté.

Conséquences : remise en service immédiate, sans précaution particulière.

- Solution départ-moteur un produit :
 - Integral 18 : LD1 LB030 et LB1 LB03 P13

Exemple : désenfumage, pompes contre l'incendie...

2.4.5 Protection thermique par sonde PTC

La protection des moteurs est assurée par une protection magnéto-thermique. Ces équipements de protection assurent une protection globale indirecte des moteurs contre les surcharges à variation lente. Si l'on veut diminuer le temps de réaction, si l'on veut détecter une surcharge instantanée, si l'on veut suivre l'évolution de la température aux "points chauds" du moteur ou à des points caractéristiques pour la maintenance de l'installation, il est conseillé d'installer des sondes de protection thermique placées aux points sensibles.

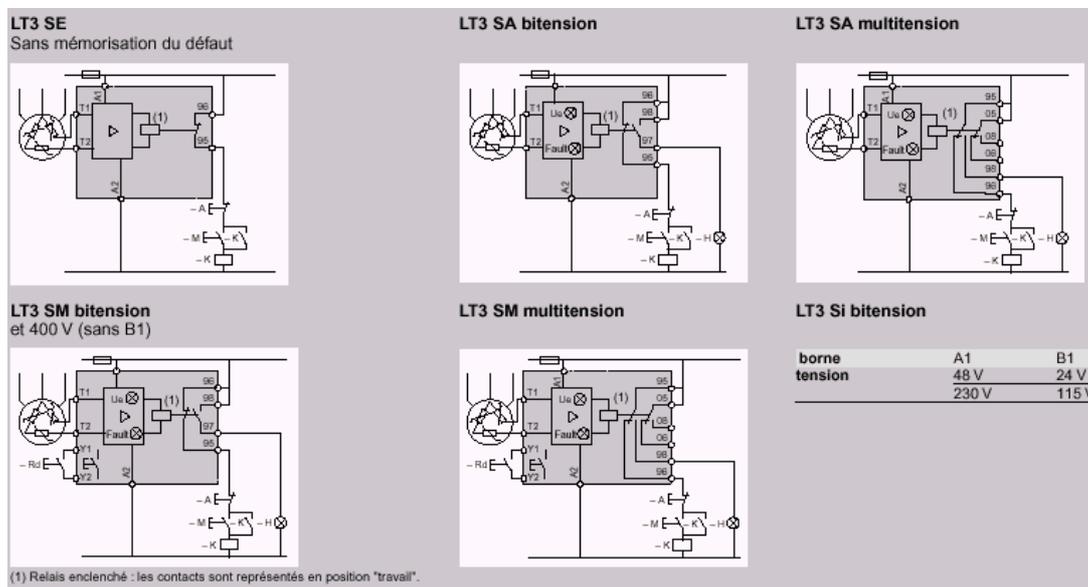
- Résistance variable R à chauffage indirect avec électronique associée

- Thermistance non linéaire type CTP
- Sonde platine PT 100
 - Relais
 - Sondes



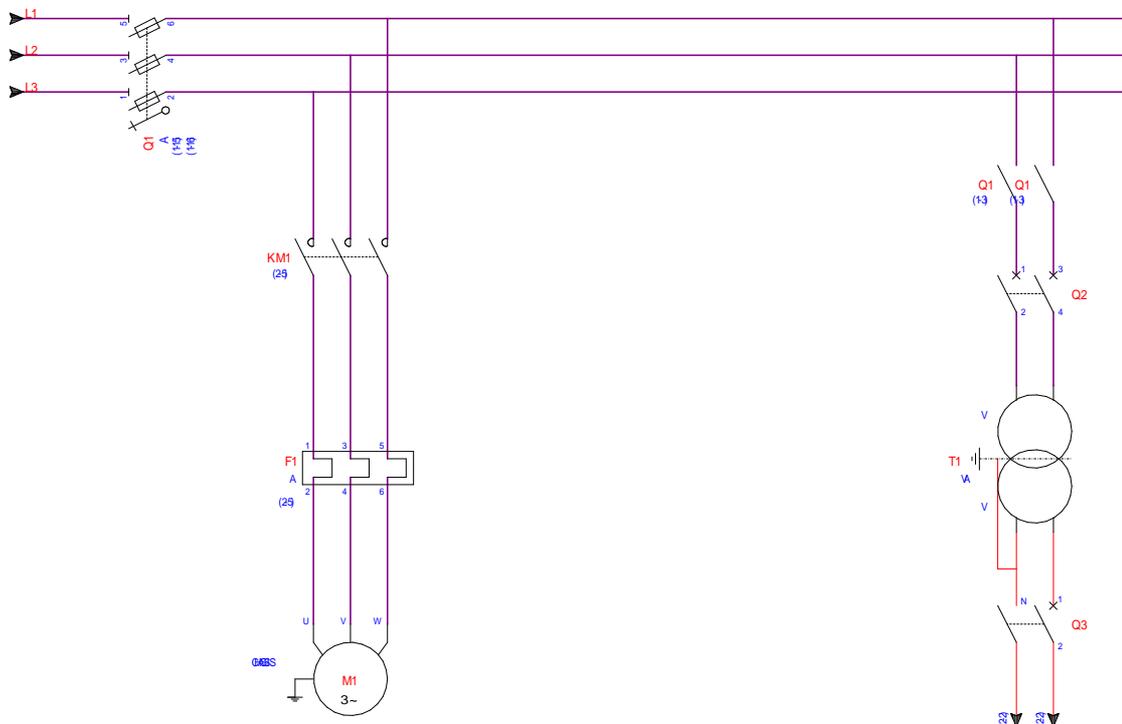
D'après Télémechanique

- Thermocouple type T ou K à chauffage indirect avec électronique associée Puissance
- Schéma de branchement

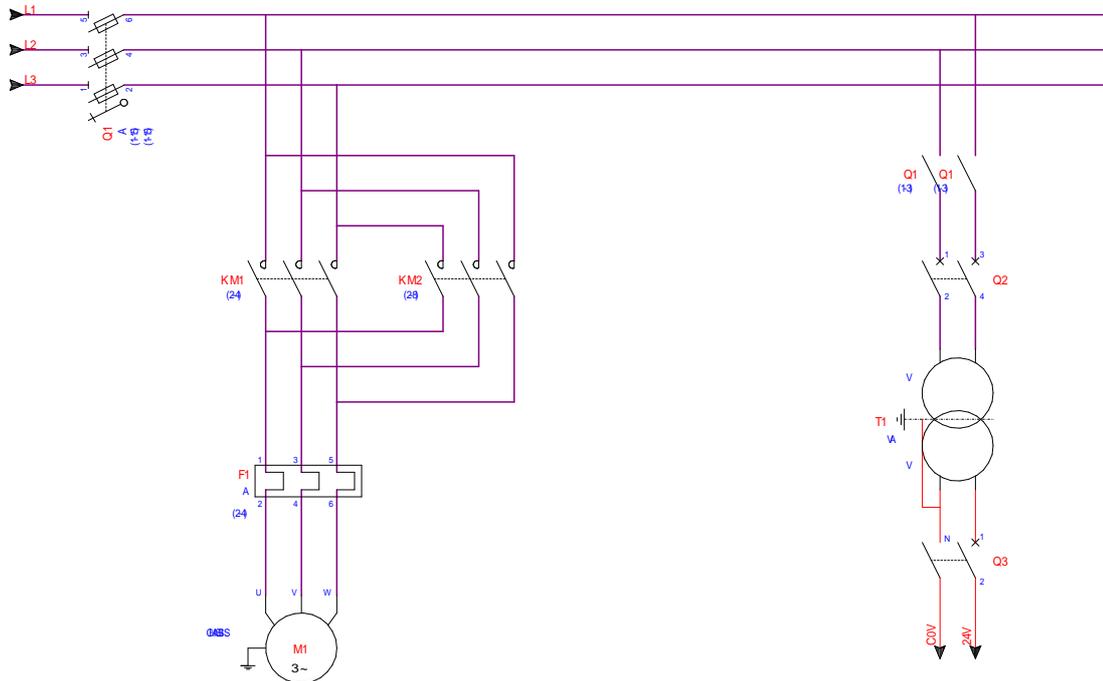


2.4.6 Schéma de puissance Départ-moteur 3 produits

Un sens de rotation

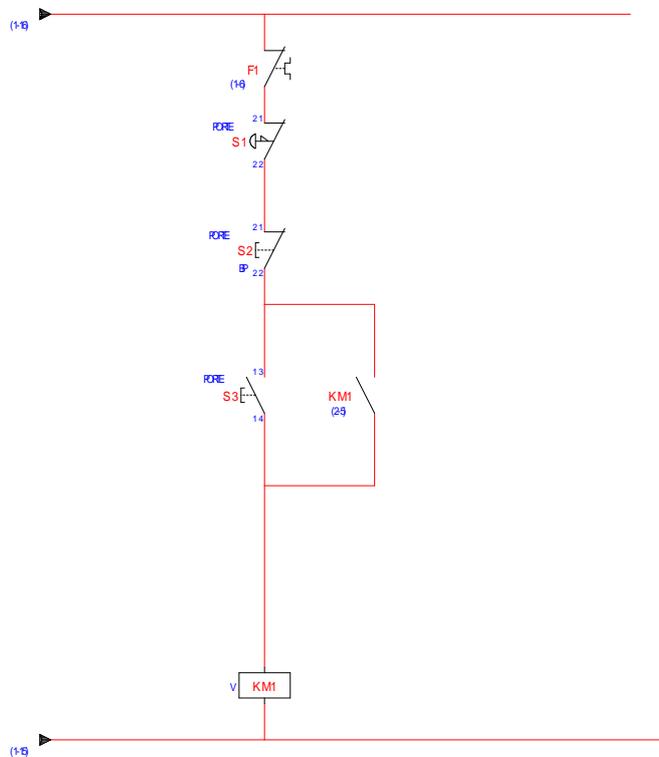


Deux sens de rotation

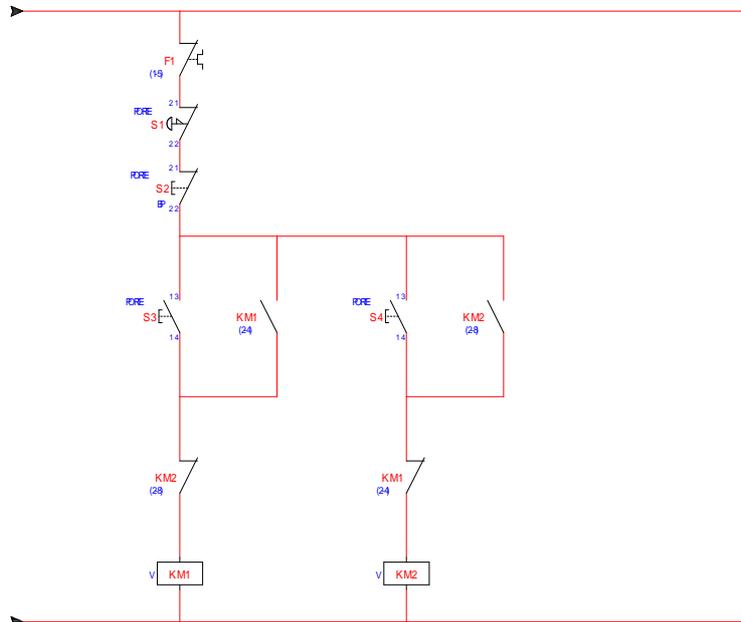


2.4.7 Schéma de commande Départ-moteur 3 produits

Un sens de rotation



Deux sens de rotation



2.5 Procédés de démarrage

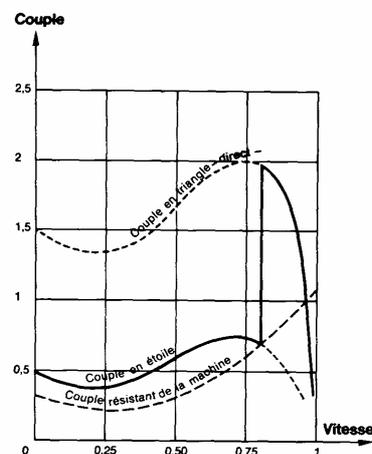
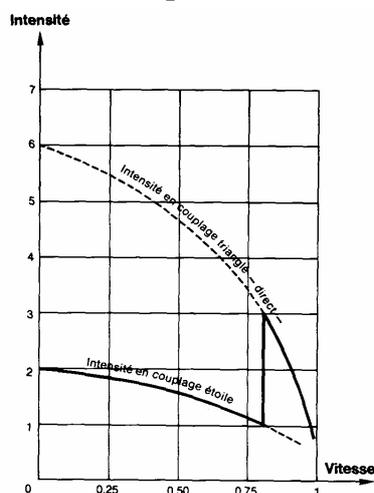
La pointe d'intensité est nuisible pour le réseau d'alimentation et il peut être nécessaire de la réduire. L'à-coup de couple est gênant pour la mécanique entraînée et peut avoir des conséquences destructives

Pour les moteurs à cage la solution la plus couramment employée consiste à sous alimenter la machine pendant la phase de démarrage. Il faut cependant que la charge mécanique permette cette sous alimentation car diminuer la tension dans un rapport $1/n$ entraîne une diminution du couple dans un rapport $1/n^2$

2.5.1 Démarrage étoile - triangle :

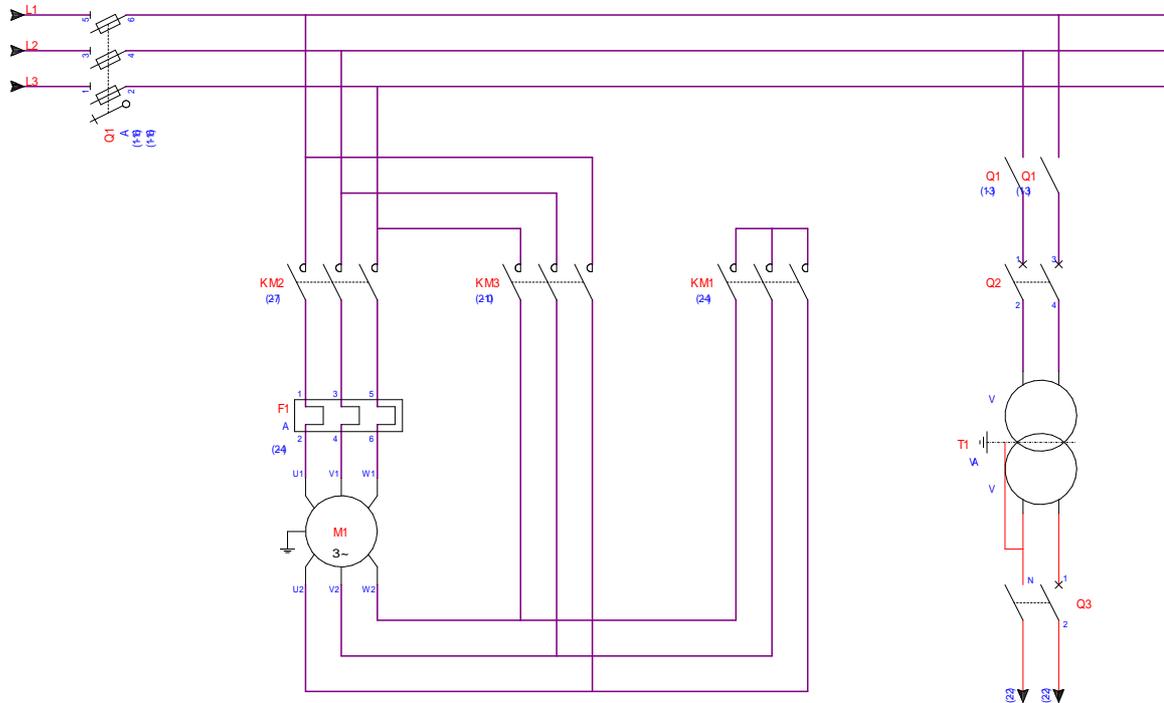
il nécessite la sortie des 6 bornes moteur et n'est envisageable que pour des petites puissances à cause de la brutalité des régimes transitoires lors des changements de couplage. C'est un procédé extrêmement simple et peu coûteux. Le couplage nominal de la machine doit être "triangle".

2.5.1.1 Caractéristiques

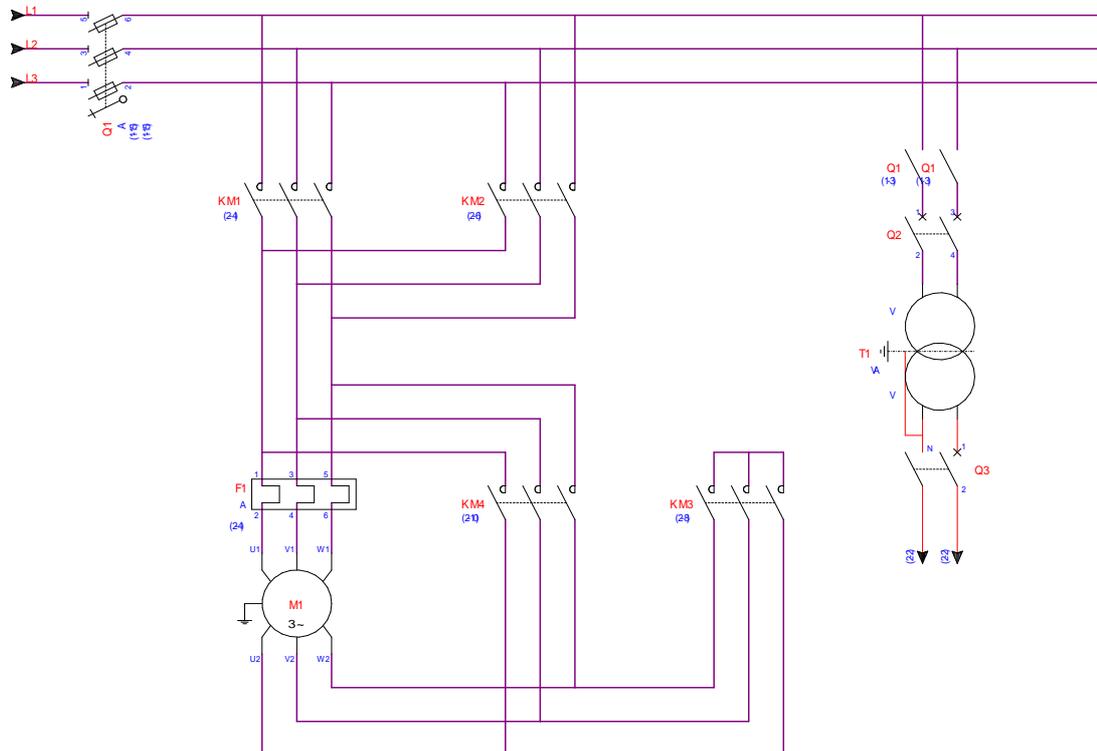


2.5.1.2 Schéma de puissance Départ moteur 3 produits

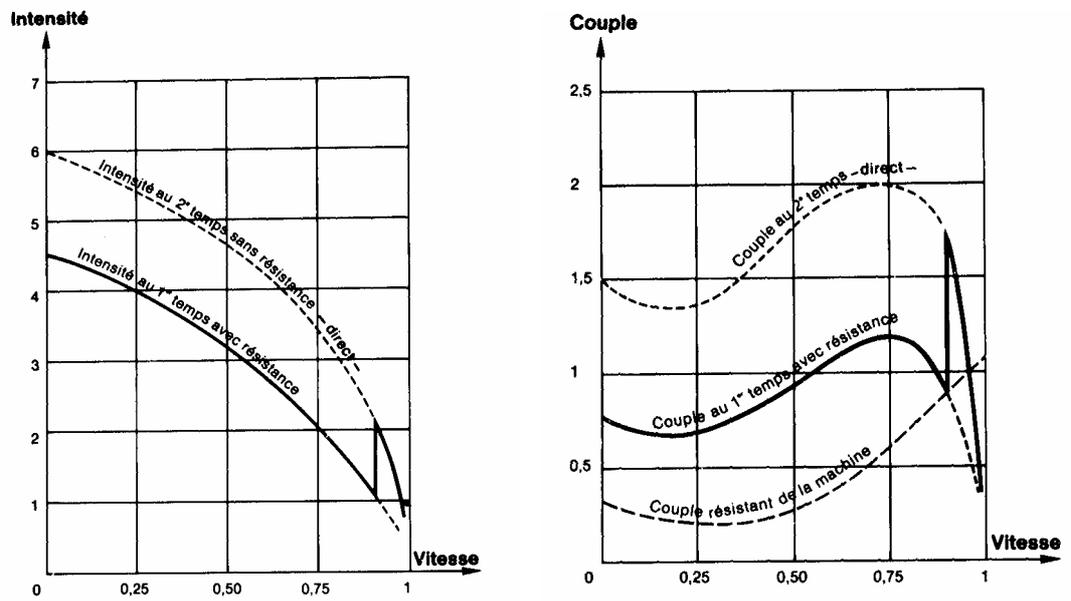
Un sens de rotation



Deux sens de rotation

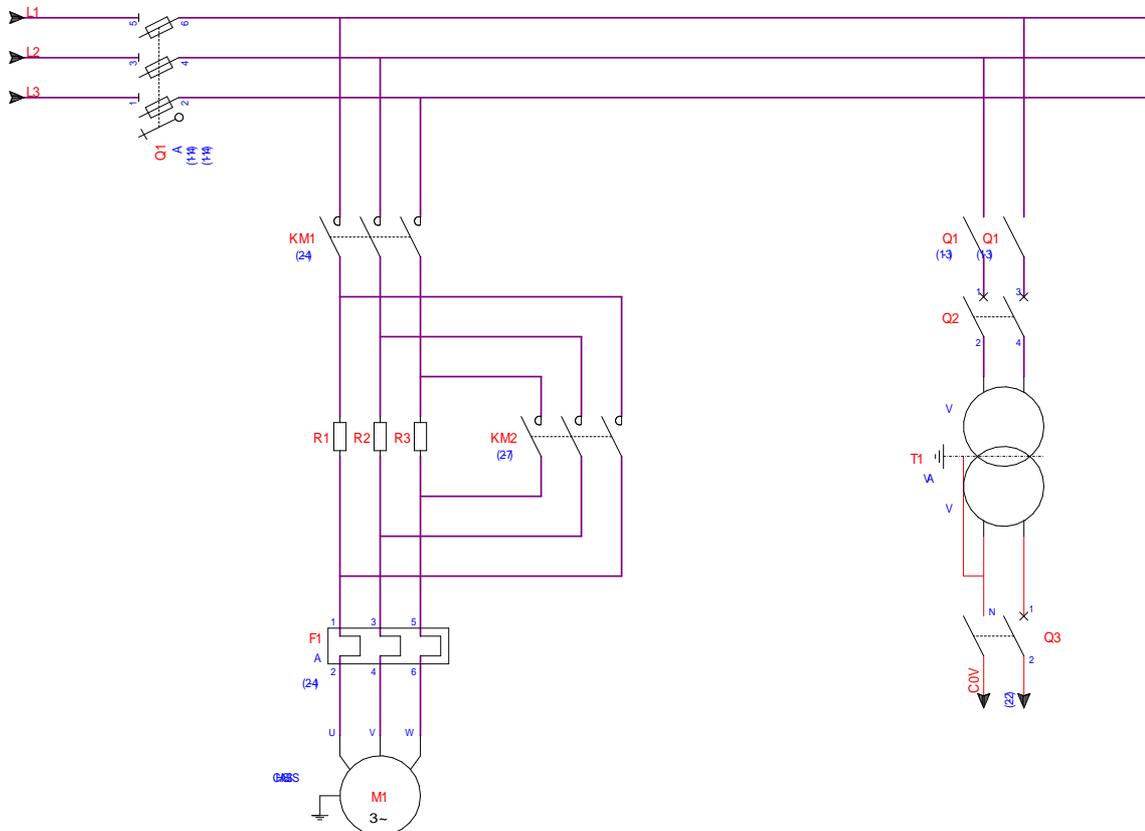


2.5.2.1 Caractéristiques

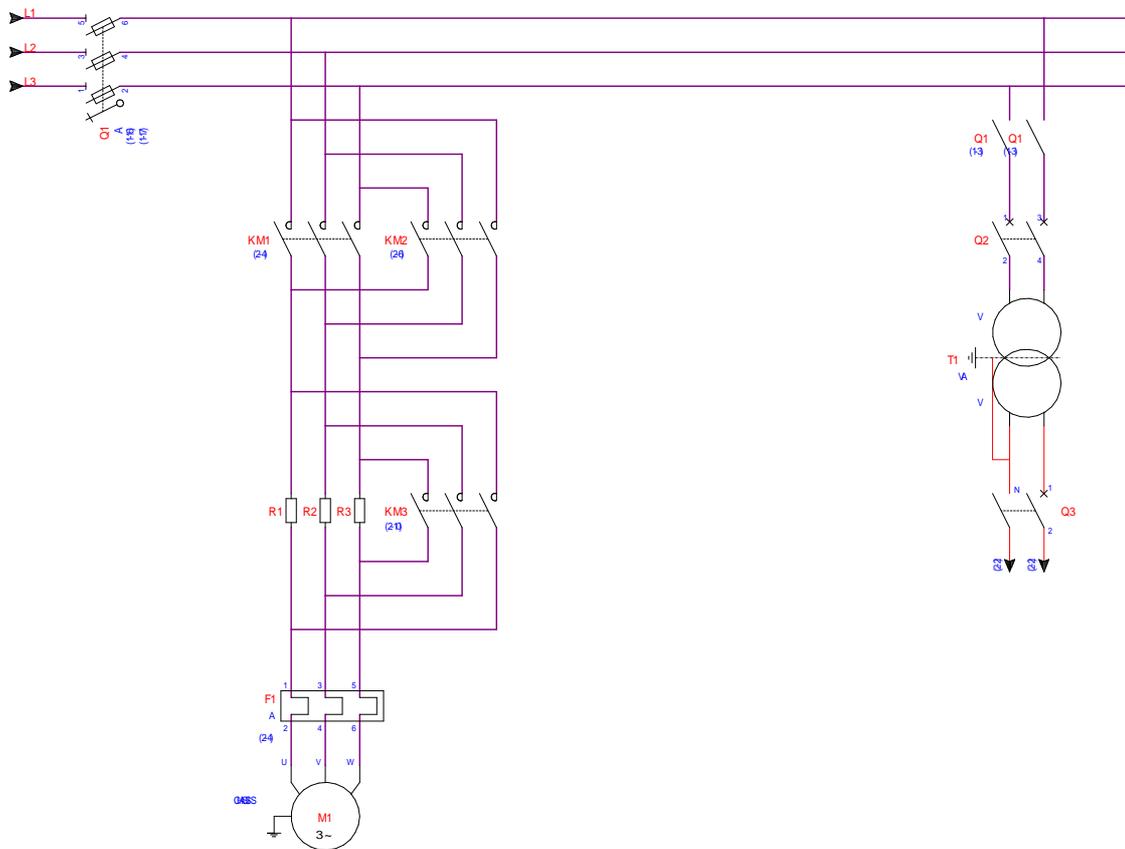


2.5.2.2 Schéma de puissance Départ moteur 3 produits

Un sens de rotation

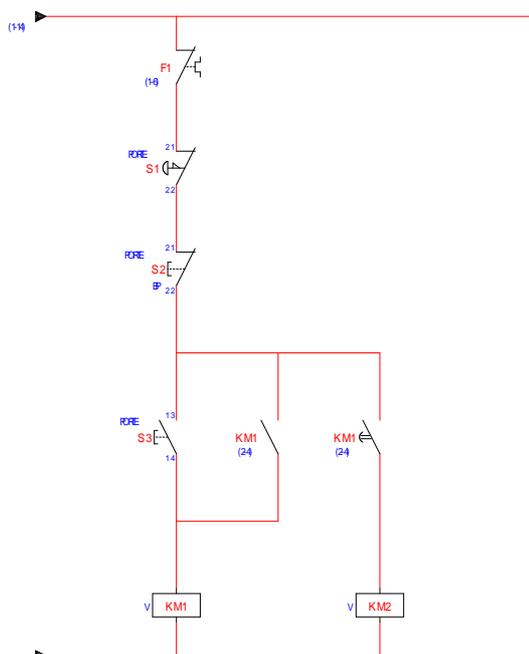


Deux sens de rotation

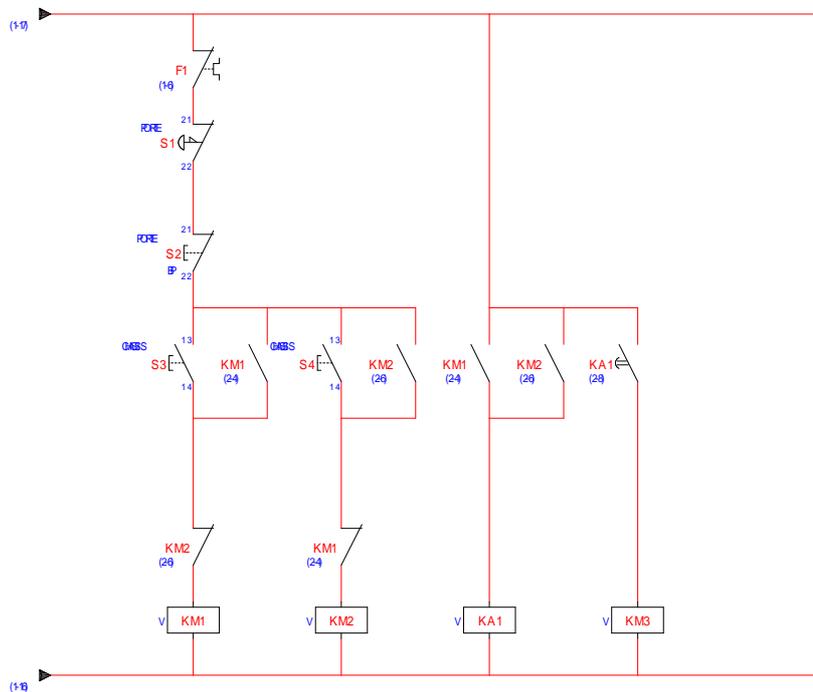


2.5.2.3 Schéma de commande Départ moteur 3 produits

Un sens de rotation



Deux sens de rotation



2.5.3 Démarrage par gradateur de tension :

(voir cours électronique de puissance Chapitre 22)

Il offre les mêmes performances que la solution précédente pour un coût et un encombrement moindre.

2.5.4 Utilisation d'un onduleur de tension :

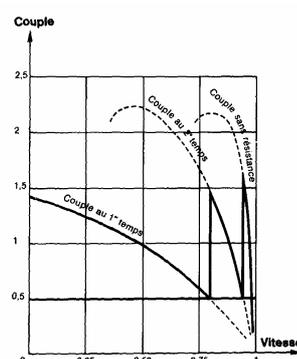
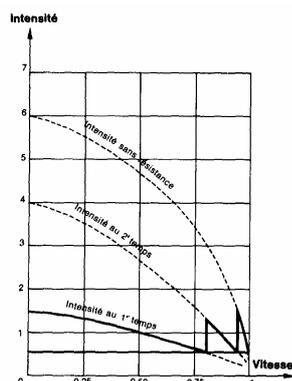
(voir cours électronique de puissance Chapitre 22)

Quoique plus souvent utilisé pour faire de la variation de vitesse, l'onduleur de tension peut permettre de faire un démarrage souple avec limitation du courant dans les situations où aucune baisse du couple n'est possible.

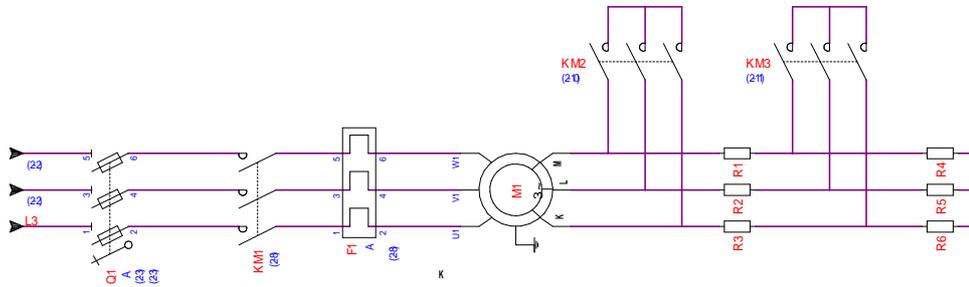
2.5.5 Démarrage par résistance rotorique

Pour les moteurs à rotor bobiné, on a la possibilité d'insérer, lors d'un démarrage, des résistances dans le circuit rotorique. Cette solution permet à la fois de diminuer le courant de démarrage et d'augmenter le couple moteur. Les résistances sont de type métallique ou électrolytique à variation continue. Dans ce cas, des solutions électroniques (gradateur rotorique) sont disponibles.

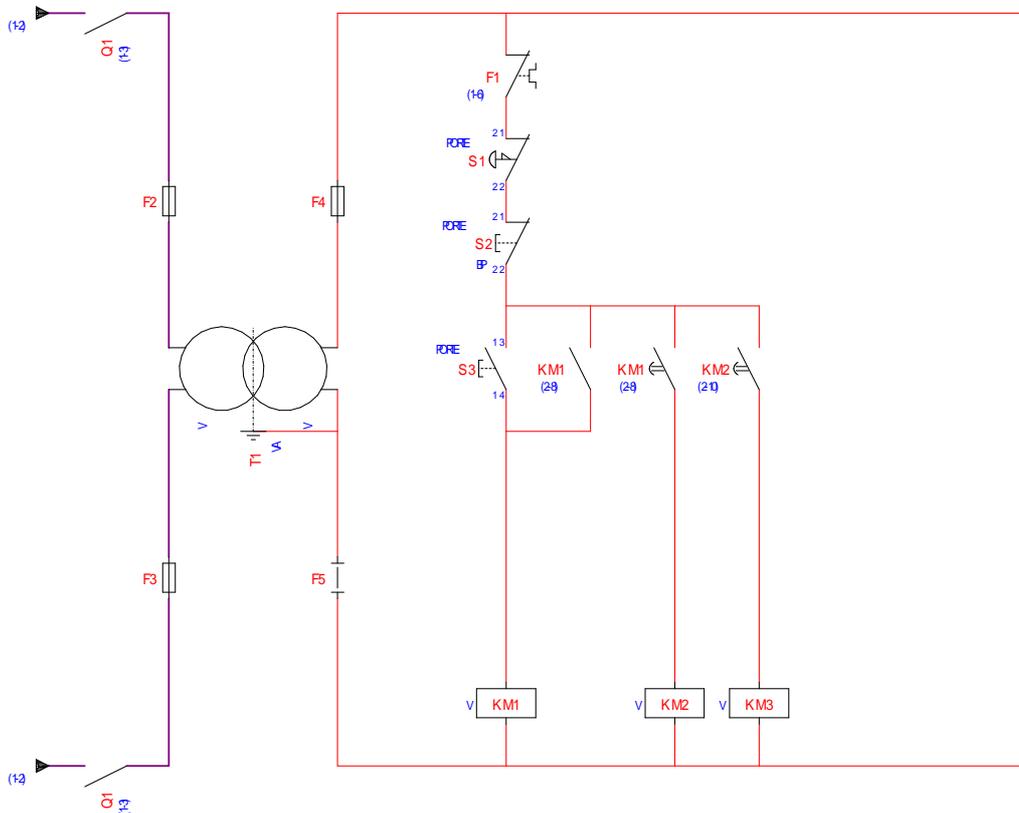
2.5.5.1 Caractéristiques



2.5.5.2 Schéma de puissance Départ moteur 3 produits (un sens de rotation)



2.5.5.3 Schéma de commande Départ moteur 3 produits (Un sens de rotation)



2.6 Caractéristiques des divers procédés de démarrage

	Moteurs à cage				Moteur à bague
	Démarrage direct	Démarrage étoile-triangle	Démarrage statorique	Démarrage Electronique	Démarrage rotorique
Courant initial de démarrage	4 à 8 In	1,3 à 2,6 In	4,5 In	réglable 0,25 à 0,75 In	< 2,5 In
Couple initial de démarrage	0,6 à 1,5 Tn	0,2 à 0,5 Tn	0,6 à 0,85 Tn	réglable 0,1 à 0,7 Tn	< 2,5 Tn
Avantages	Moteur à cage économique et robuste				
	-Démarrage simple et peu onéreux -Couple de démarrage important	-Démarrage relativement peu onéreux	-Possibilité de réglage des valeurs de démarrage	-Démarrage sans à coup -Montée progressive en vitesse -Limitation de l'appel de courant au démarrage	-Très bon rapport couple/intensité -Possibilité de réglage des valeurs au démarrage -Pas de coupure d'alimentation pendant de démarrage
Inconvénients	-Pointe d'intensité très importante -S'assurer que le réseau admet cette pointe -Ne permet pas un démarrage doux et progressif	-Couple au démarrage faible -Pas de possibilité de réglage -Coupure d'alimentation au changement de couplage et phénomènes transitoires -Moteur bobiné en triangle pour Un	-Faible réduction de la pointe de démarrage -Nécessité des résistances	-Prix	-Moteur à bagues plus onéreux -Nécessite des résistances
Durée habituelle du démarrage	2 à 3 secondes	3 à 7 secondes	7 à 12 secondes	Réglable de 1 à 60 secondes	En 3 temps 2,5s En 4 et 5 temps 5s
Applications typiques	Petites machines même démarrant à pleine charge	Machines démarrant à vide Ventilateurs et pompes centrifuges de petite puissance	Machines à forte inertie sans problèmes particuliers de couple et d'intensité au démarrage	Machines de forte puissance ou de forte inertie dans le cas où la réduction de la pointe d'intensité est un critère important	Machines à démarrage en charge, à démarrage progressif

2.7 Méthode de choix d'une machine asynchrone

Le choix d'un moteur asynchrone seul doit permettre l'entraînement de la machine accouplée avec les performances imposées par le cahier des charges à savoir :

- Le nombre de quadrants de fonctionnement
- Le couple sur toute la plage de vitesse : caractéristique
- La vitesse désirée
- L'accélération et la décélération souhaitées
- La puissance de démarrage disponible

1 Il faut donc déterminer la puissance nécessaire à notre application au point de fonctionnement

$$P_u = T_e \cdot \omega = T_r \cdot \omega$$

(La Caractéristique couple/vitesse de la machine entraînée doit être connue tout comme la vitesse désirée)

2. Il faut ensuite définir le type de service pour le moteur :

Voir chapitre 2.7

Détermination de la puissance apparente en fonction des services S2 à S10 :

$$P_a = \sqrt{\frac{N \cdot t_d \cdot ((I_d / I_n) \cdot P_n)^2 + (3600 - n \cdot t_d) P_u^2 \cdot F_{dm}}{3600}}$$

Dans laquelle :

t_d : temps de démarrage avec un moteur de puissance P_n en s

n : nombre de démarrage équivalant par heure $n = n_D + 3 \cdot n_F + 0,5 \cdot n_i$

n_D : nombre de démarrage dans l'heure

n_F : nombre de freinages électriques dans l'heure

n_i : nombre d'implusion (d'émarrage incomplet jusqu'à 1/3 de la vitesse finale) dans l'heure

F_{dm} : facteur de marche (%) = durée de fonctionnement à P_u / durée totale du cycle

I_d/I_n : appel de courant avec un moteur de puissance P_n

P_u : puissance utile du moteur pendant le cycle d'utilisation hors du démarrage

P_n : puissance nominale du moteur pressenti

3 Il faut également déterminer le couple nécessaire à notre application pour les accélérations et décélérations :

(Les accélérations et décélérations souhaitées doivent être connues. L'inertie de la machine entraînée doit être connue et celle du moteur doit être estimée.)

La mise en vitesse de l'ensemble moteur + charge se fera en un temps que l'on peut calculer par la formule simplifiée suivante :

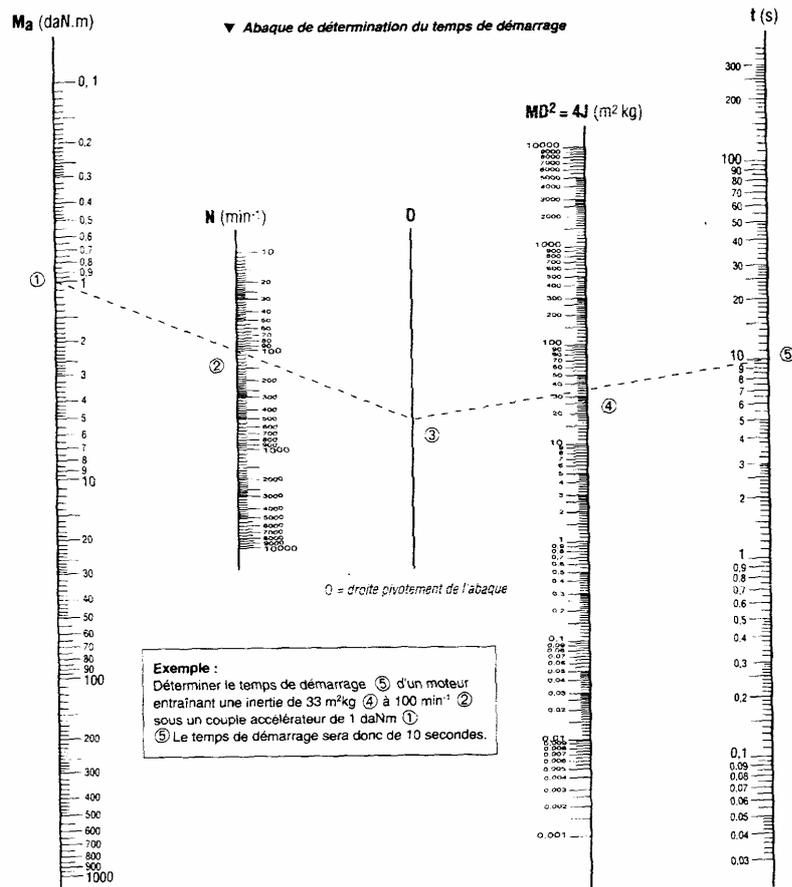
$$t_d = \frac{\prod \cdot n_f \cdot J_T}{30 \cdot T_a}$$

t_d : temps de démarrage (s)
 n_f : vitesse finale (tr/min)
 J_T : inertie totale ramenée sur l'arbre moteur
 T_a : couple accélérateur moyen c'est le couple moyen développé par le moteur durant la phase de démarrage diminué du couple résistant moyen pendant la même période (T) et qui peut se simplifier pour une estimation en :

$$T_a = \frac{T_d + 2T_m + 2T_M + T_n}{6} - T_r$$

T_d : couple de démarrage
 T_m : couple d'accrochage
 T_M : couple maximal ou de décrochage
 T_n : couple nominal

T_r : couple résistant



4. Il est possible de sélectionner un moteur en fonction de la puissance et de la vitesse désirée.

Ce choix est valable pour des conditions d'utilisation normales suivantes (norme CEI 34-1)

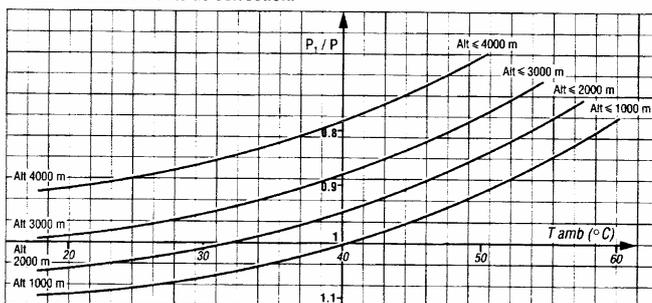
- Température ambiante comprise entre + 5 et + 40 °C,
- Altitude inférieure à 1000 m,
- Pression atmosphérique : 1050 m bar,
- Mode de refroidissement IC 411,
- Taux harmonique < 10%,
- Déséquilibre de tension < 2%,
- Tension d'alimentation de 230 V / 400 V 50 Hz +/- 10%,
- Chute de tension maximale entre le point de livraison et le point d'utilisation < 4%,

- Classe d'isolation F,
- Degrés de protection IP 55.

Pour des conditions d'emploi différentes, on appliquera le(s) coefficient(s) de correction de la puissance avant de prédéterminer notre moteur.

5. Prise en compte d'une température ou/et d'une altitude différente.

▼ Table des coefficients de correction.



6. Prise en compte d'un mode de refroidissement différent.

Selon la Publication IEC 34-6 on a recours à deux codes de symbolisation, l'un simplifié, pour les types de machines les plus courantes refroidies à l'air, l'autre complet, pour des types de machines présentant des systèmes plus complexes de refroidissement. Le mode de refroidissement est symbolisé par les lettres IC (International Cooling) suivies, dans le cas du code simplifié, d'un groupe de deux ou trois chiffres ou, dans le cas d'un système complet, d'un groupe d'une lettre et de deux lettres et chiffres significatifs pour chaque circuit de refroidissement.

code simplifié **IC 411** ou système complet **IC 4 A 1 A 1**

Disposition du circuit		Fluide de refroidissement		Mode de circulation	
0	Libre circulation	A	Air	0	Convection
1	Canalisation d'aspiration	F	Fréon	1	Autocirculation
2	Canalisation de refoulement	H	Hydrogène	2	Réservé
3	2 canalisations ci-dessus	N	Azote	3	Réservé
4	Refroidie par la surface	C	Dioxyde de carbone	4	Réservé
5	Echangeur incorporé à air	W	Eau	5	Circulation forcée intégrée
6	Echangeur ajouté à air	U	Huile	6	Circulation forcée ajoutée
7	Echangeur incorporé	S	Autre fluide (à préciser)	7	Circulation indépendante
8	Echangeur ajouté	Y	Fluide non choisi	8	Déplacement relatif
9	Echangeur séparé				

Quelques exemples du code simplifié :

- Le premier chiffre indique la disposition du circuit de refroidissement.
- Le deuxième chiffre indique la manière dont est fournie la puissance nécessaire à la circulation de l'air.

IC 01 Machine ouverte auto refroidie Ventilateur monté sur l'arbre.

IC 06 Machine ouverte avec ventilation indépendante montée sur la machine.

IC 11 Machine auto-ventilée. L'air de refroidissement est canalisé à l'entrée. Le ventilateur est

Quelques exemples du système complet décrivant deux circuits de refroidissement

- Le premier chiffre indique la disposition du circuit de refroidissement.

- La première lettre indique la nature du fluide primaire
- Le deuxième chiffre indique le circuit de refroidissement primaire dans la machine
- La deuxième lettre indique la nature du fluide secondaire
- Le troisième chiffre indique le circuit de refroidissement secondaire, externe, qui est à la température la plus basse dans l'échangeur thermique.

L'air et l'eau, les fluides de refroidissement les plus usuels, sont symbolisés respectivement par les lettres A et W. La lettre A est supprimée lorsque l'air est le seul fluide de refroidissement employé.

IC 4 A 1 A 0 Ou IC 410

Machine fermée refroidie par sa surface. Pas de ventilateur externe. L'air à l'intérieur circule en circuit fermé sous l'effet de moyens propres à la machine et cède sa chaleur à travers la surface de la carcasse.

IC 4 A 1 A 1 Ou IC 411

Machine fermée à carcasse ventilée. La ventilation externe est propre à la machine. L'air à l'intérieur circule en circuit fermé sous l'effet de moyens propres à la machine et cède sa chaleur à travers la surface de la carcasse.

IC 5 A 1 A 1 Ou IC 511

Machine fermée avec échangeur de chaleur incorporé (ex : carcasse à tubes) refroidi par air ambiant. Deux ventilateurs propres à la machine, l'un extérieur, l'autre intérieur, font circuler respectivement l'air ambiant de refroidissement et l'air chaud interne à travers l'échangeur.

7. Prise en compte d'un déséquilibre de tension (amplitudes seules).

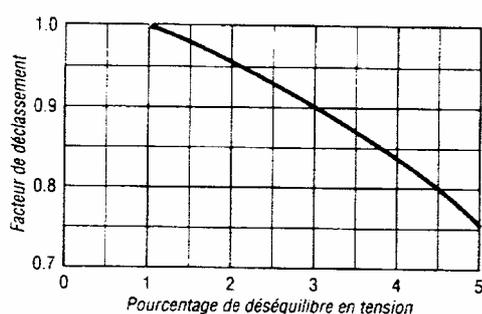
L'incidence sur le moteur d'un déséquilibre d'alimentation peut se résumer par le tableau ci-dessous.

Le calcul du déséquilibre se fait en considérant l'écart entre la tension la plus élevée et la tension la plus faible ramenée à la valeur moyenne des trois tensions.

$$\text{Déséquilibre (\%)} = 100 \cdot \frac{(V_{\max} - V_{\min})}{\frac{(V_1 + V_2 + V_3)}{3}}$$

	Valeur du déséquilibre en %			
	0	2	3,5	5
Courant stator	100	101	104	107,5
Accroissement des pertes %	0	4	12,5	24
Echauffement	1	1,05	1,14	1,28

Lorsque ce déséquilibre est connu ou prévisible il est conseillé d'appliquer un facteur de déclassement conforme au graphique ci-dessous.



8. Choisir la protection du moteur en fonction des conditions d'environnement.

En standard les machines sont de type IP55X. Il existe aussi des réalisations en IP 23X.

9. Mode de fixation, position de fonctionnement et accouplement mécanique.

Voir chapitre 2.8

Le moteur doit pouvoir être fixé et accouplé à la machine à entraîner. Il sera donc nécessaire de préciser le mode de fixation (pattes, bride ou pattes et bride), la position de fonctionnement, l'emplacement de la ventilation, l'emplacement de la boîte à bornes et le type d'accouplement avec la charge (afin d'évaluer les efforts sur les roulements et de pouvoir les choisir en conséquence).

La désignation du mode de fixation et de position est la suivante : (cas les plus fréquents ci-dessous)

IM	1	00	1
International Mounting	Mode de fixation	Position de fonctionnement	Type de Bout d'arbre

12. P laque signalétique commentée.

		MOT. 3 ~ LS 250 MP		T		
		N° 125089HA001		kg 340		
IP55 IK08	I cl.F	40°C	S1	%	c/h	
V	Hz	min⁻¹	kW	cos φ	A	
Δ 380	50	1475	55	0.87	102	
Δ 400	-	1480	-	0.85	99	
Y 690	-	1480	-	0.85	57.2	
Δ 415	-	1480	-	0.84	97	
Δ 440	60	1775	63	0.87	101	
Δ 460	-	1780	-	0.85	99	
DE	6314 C3	025 g	ESSO UNIREX N3			
NDE	6214 C3	4750 h				

MOT.3~ : Moteur triphasé alternatif

LS : Série de moteur

250 : Hauteur d'axe

MP : Symbole du carter

T : Indice d'imprégnation

CE : Conforme à la norme CEI 34

N° 125089 : N° série moteur

H : Année de production

A : Mois de production

001 : N° d'ordre dans la série

kg 340 : Masse

IP 55 IK 08 : Indice de protection

Classe F : Classe d'isolation

40 °C : Température maximale ambiante de fonctionnement

S1 : Service S1

% : Facteur de marche

C/H : Nombre de cycle par heure

Caractéristiques nominales Nom

Couplage triangle

380 V : Tension d'alimentation

50 Hz : Fréquence d'alimentation

1475 min⁻¹ : Nombre de tours par minute

55 kW : Puissance

0,87 Cos . : Facteur de puissance

102 A : Intensité nominale

Autres points de fonctionnement

DE : Type de roulement coté entraînement

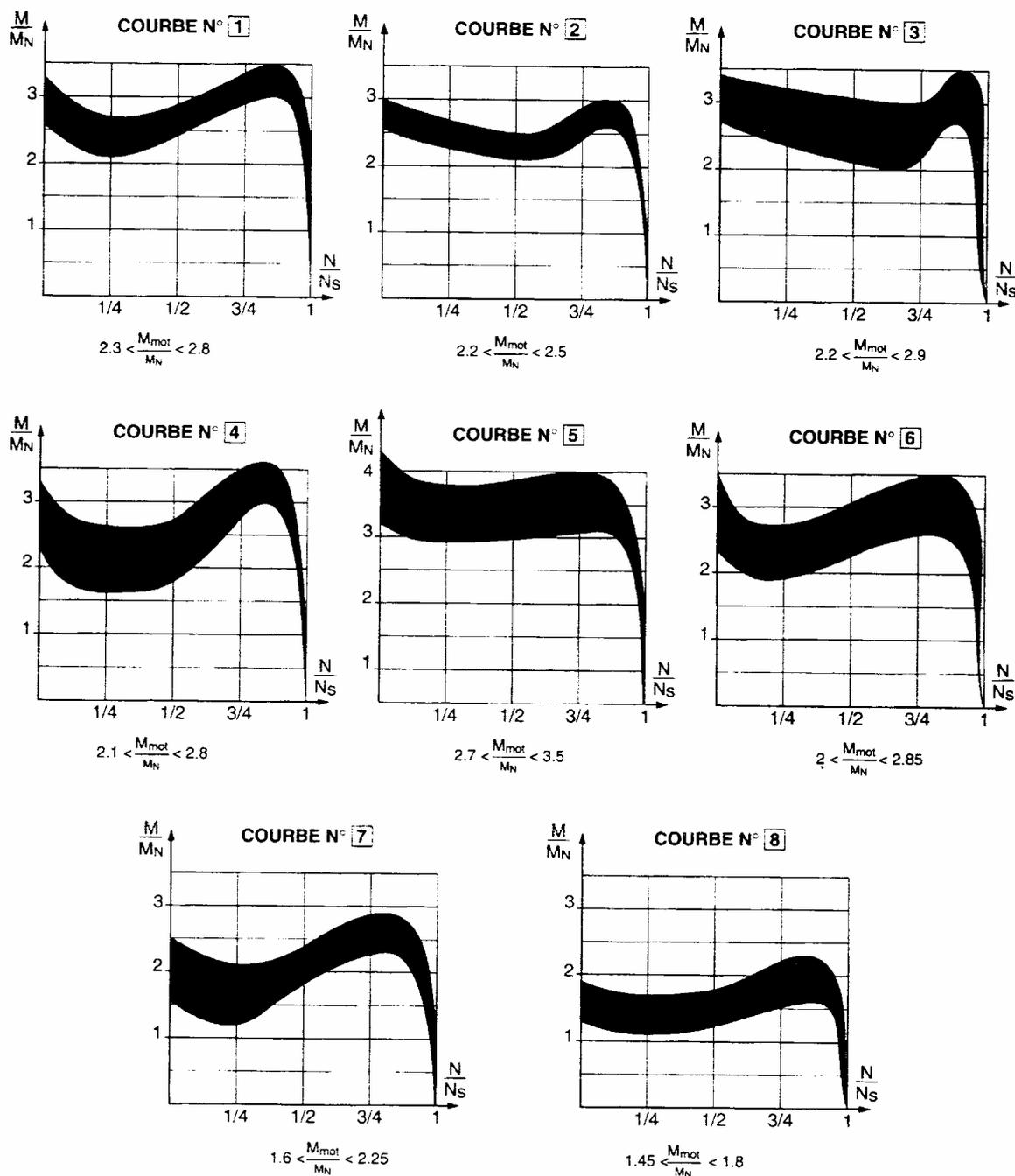
NDE : Type de roulement coté opposé à l'entraînement

25 g : Masse de graisse à chaque graissage

4750 h : Périodicité de graissage

ESSO UNIREX N3 : Type de graisse

13. Courbes caractéristiques des moteurs



3 Moteur à courant continu

3.1 Principe : (Voir cours Chapitre 13)

L'évolution des technologies conduit à utiliser des machines nécessitant des vitesses de rotation précises et variables pour l'entraînement d'engins de manutention par exemple.

3.1.1 Force contre électromotrice

$$E' = \frac{p}{a} N \cdot n \cdot \Phi$$

p : nombre de paires de pôles

a : nombre de paire de voies d'enroulement

N : nombre de conducteurs

n : vitesse de rotation en tr/s

Φ : flux sous un pôle en Weber

$$\text{Avec } n = \frac{\omega}{2\pi} \quad \omega: \text{vitesse angulaire en rd/s}$$

$$U = E' + RI \quad R : \text{résistance de l'induit}$$

3.1.2 Puissance

Puissance d'entrée

$$P_e = U \cdot I$$

P_e : puissance électrique absorbée en W

U : Tension d'alimentation en V

I : Intensité absorbée en A

Puissance de sortie

$$P_m = T_m \cdot \omega$$

P_m : puissance mécanique en W

T_m : couple moteur en m.N

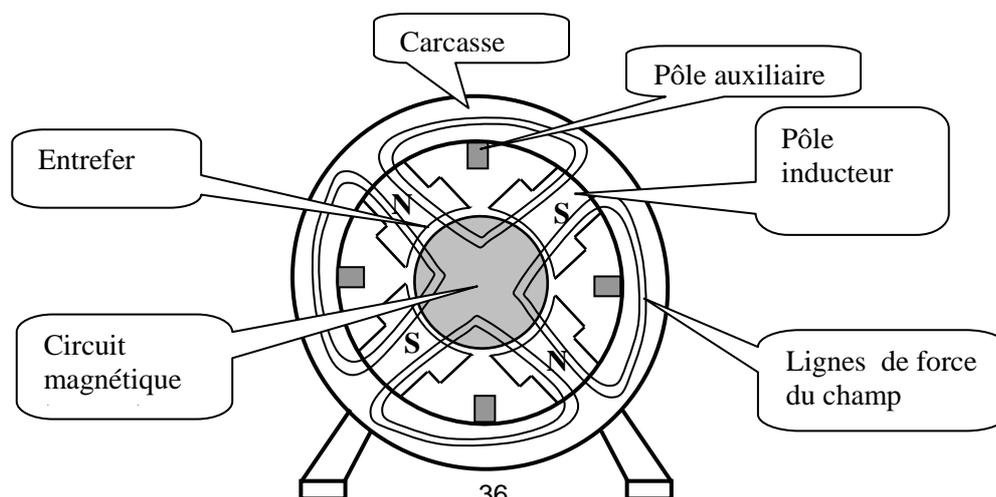
ω : vitesse angulaire en rd/s

3.2 Organisation de la machine

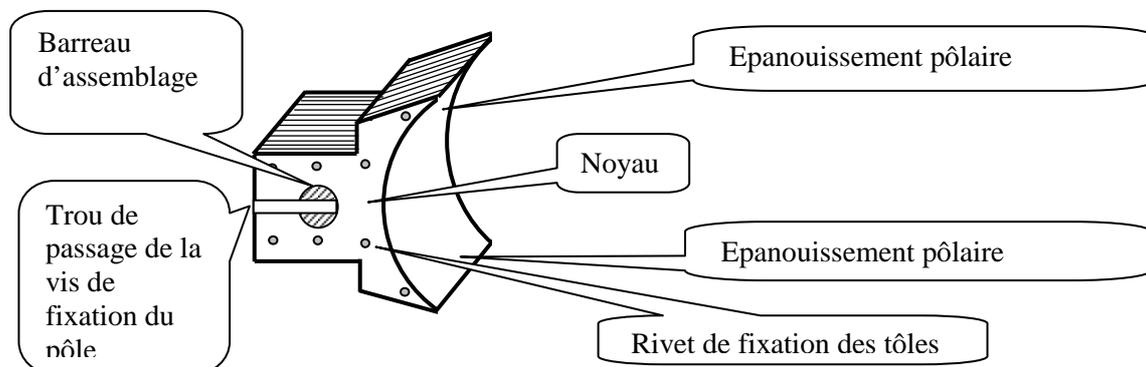
Dans l'organisation d'une machine à courant continu, on peut distinguer les principaux éléments suivants :

- les pôles inducteurs placés généralement sur le stator (partie fixe)
- l'induit, dont les différentes voies d'enroulements sont connectées au collecteur,
- l'ensemble étant généralement placé sur le rotor (partie tournante)
- les enroulements de compensation de la réaction magnétique d'induit
- les enroulements de commutation des voies d'enroulement
- les organes mécaniques permettant la rotation du rotor et le maintien des différents sous-ensembles

3.2.1 Circuit magnétique



3.2.1.1 Pôles inducteurs



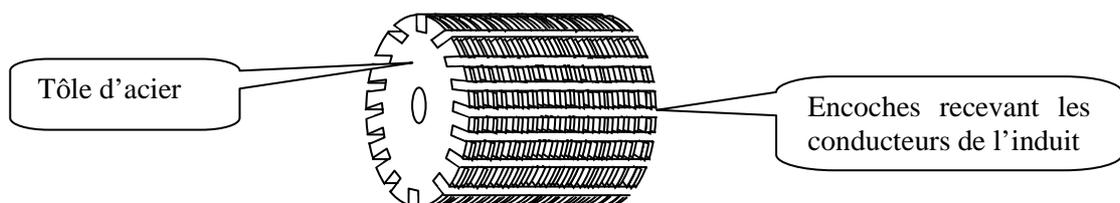
Les pôles inducteurs ont pour rôle de créer le flux inducteur dans la machine. Ce flux est généré soit par des enroulements (moteur à excitation séparée), soit par des aimants (moteur à aimant permanent). Ce flux est canalisé dans la machine par des matériaux ferromagnétiques. Ce flux étant constant dans la partie portant les pôles inducteurs et dans les pôles inducteurs eux-mêmes, le matériau ferromagnétique peut donc être massif. Il est tout de même nécessaire de feuilletter les pôles inducteurs au niveau de l'entrefer, car des variations locales de flux apparaissent du fait des encoches portant les conducteurs d'induit au rotor et des encoches portant les enroulements de compensation au stator. Pour des raisons pratiques, il est possible que le stator soit entièrement feuilleté.

3.2.1.2 Pôles auxiliaires de commutation

Ils sont en série avec l'induit et sont placés sur la ligne neutre entre les pôles principaux. Leur rôle est de supprimer aux balais produites par l'inversion du courant dans les sections court-circuitées par les balais

3.2.1.3 Circuit magnétique tournant

Le flux est variable donc le circuit magnétique est réalisé par un empilage de tôles d'acier au silicium



3.2.1.4 Carcasse ou culasse

Elle assure deux fonctions

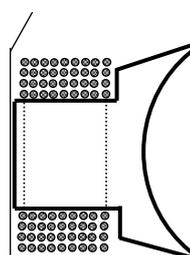
- **Magnétique** : permet aux lignes de forces du champs magnétique de se fermer
- **Mécanique** : bâti de la machine

Elle est réalisée en acier massif car elle set parcourue par un champ magnétique fixe.

3.2.2 Circuit électrique

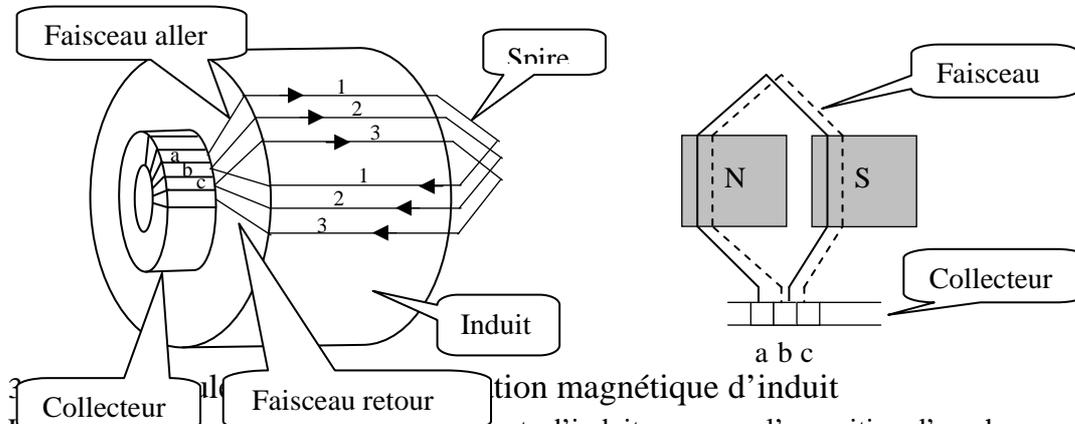
3.2.2.1 Bobines inductrices

Elles produisent le flux inducteur et peuvent être montées en dérivation sur l'induit (excitation shunt grand nombre de spire de fil fin) ou en série (petit nombre de spire de gros fil.



3.2.2.2 Enroulement d'induit

Les enroulements d'induit sont placés sur le rotor, et sont reliés au collecteur de façon à ce que tous les enroulements sous un même pôle soient parcourus par un courant de même sens.



Le passage du courant dans les enroulements d'induit provoque l'apparition d'un champ magnétique transversal ayant pour conséquence de déformer les lignes de champs dans la machine. Ceci entraîne généralement une diminution du flux total. Pour réduire ce phénomène, on place, dans les pôles inducteurs, des enroulements parcourus par le courant d'induit, ayant pour rôle de créer un champ antagoniste au champ transversal d'induit.

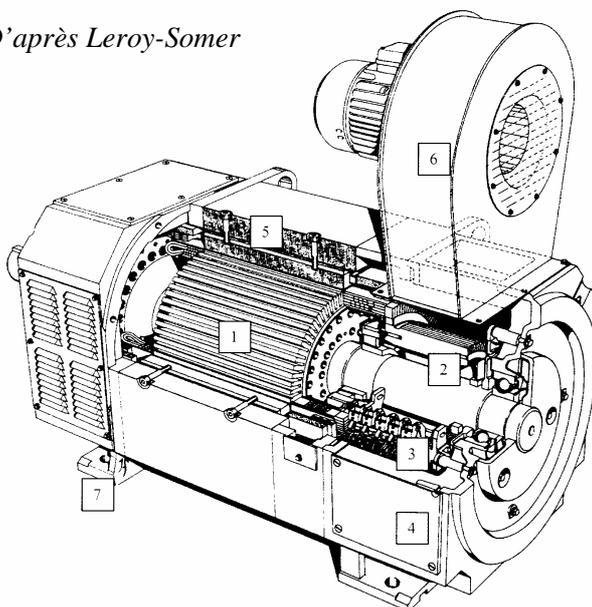
3.2.2.4 Le collecteur

Il assure la liaison électrique entre les bobinages tournants et le circuit extérieur et il transforme le courant alternatif induit en courant continu.

3.2.3 Organes mécaniques

Le stator auto-porteur reçoit de chaque côté un flasque sur lequel le rotor sera positionné grâce à des roulements à billes ou à rouleaux suivant le type de charge (axiale ou radiale). Les pôles inducteurs sont en général vissés sur le stator (ils peuvent aussi en faire partie intégrante). Un ventilateur est placé en bout d'arbre, sur le rotor, pour le refroidissement de la machine. Il peut être complété par une ventilation forcée motorisée pour le refroidissement aux vitesses lentes. Le collecteur, l'ensemble porte-balais et les balais se situent de l'autre côté de la machine. Sur cette vue écorchée, on peut aisément voir :

D'après Leroy-Somer



- L'induit (1) avec ses encoches recevant les conducteurs en cuivre (absents ici) perforés
- axialement pour son refroidissement.
- Le collecteur (2) et l'ensemble porte-balais/balais (3) ainsi que la trappe de visite pour la
- maintenance (4).
- Les pôles inducteurs feuilletés (5) vissés sur l'induit.
- La moto ventilation (6).
- Le système de fixation par pattes (7).

3.3 Caractéristiques

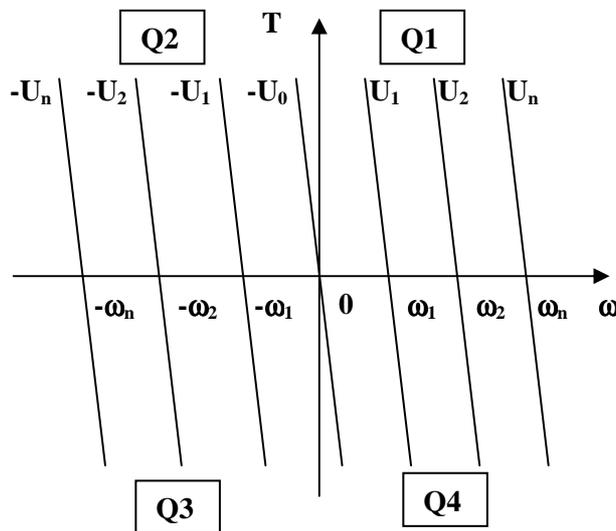
3.3.1 Caractéristiques mécanique

$$U = E + R I = K \phi \omega + R \frac{T}{K \phi}$$

$$\frac{R T}{K \phi} = -K \phi \omega + U$$

$$T = - \frac{(K \phi)^2}{R} \omega + \frac{K \phi}{R} U$$

C'est l'équation d'une droite de la forme $y = -ax + b$

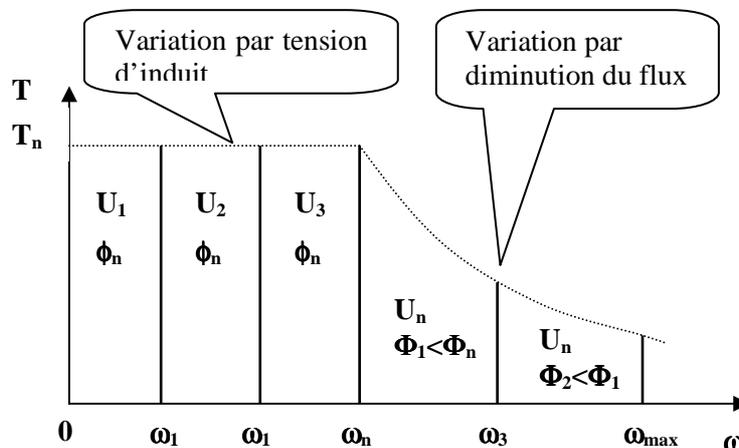


Les caractéristiques sont donc des droites paramétrées par la tension d'alimentation d'induit jusqu'à la tension d'alimentation maximale.

On distinguera sur cette caractéristique 4 zones de fonctionnement dépendant du signe du couple et de la vitesse. Les quadrants Q1 et Q3 traduisent un fonctionnement de la machine en moteur dans les deux sens de rotation, alors que les quadrants Q2 et Q4 traduisent un fonctionnement de la machine en génératrice dans les deux sens de rotation.

Le nombre de quadrants de fonctionnement est exclusivement limité par le type de convertisseur alimentant la machine. (voir cours machines électromagnétique chapitre 13 et électronique de puissance chapitre 22)

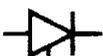
3.3.2 Variation de vitesse



Si le flux tend vers zéro, la vitesse tend vers l'infini

3.4 Plaque signalétique commentée.

Définition des informations contenues sur la plaque signalétique de la machine

 LR 57008 IEC 34.1.1990				2 102 451 / A MADE IN FRANCE			
		MOTEUR A COURANT CONTINU DIRECT CURRENT MOTOR					
TYPE: LSK 1604 S 02		N° 700000/10		9/1992		M 249 kg	
Classe / Ins class H		IM 1001		IP 23S		IC 06	
M _{nom} / Rated torque 301 N.m		Altit. 1000 m		Temp. 40 °C			
	kW	min⁻¹	V	A	V	A	
Nom./Rat.	36,3	1150	440	95,5	360	3	
	3,63	115	44	95,5	360	3	
	36,3	1720	440	95,5	240		
T		Système peinture: I		Induit / Arm.		Excit. / Field	
○ Service / Duty S1		DE 6312 2RS C3		NDE 6312 2RS C3		○	

LSK : Série de moteur

160 : Hauteur d'axe

4 : Polarité

S : Symbole du stator

02 : Indice constructeur

N° 700000 : N° série moteur

/10 : N° d'ordre dans la série

9 : Mois de production

/92 : Année de production

M 249 kg : Masse

Classe H : Classe d'isolation

IM 1001 : Position de fonctionnement

IP 23S : Indice de protection

IC 06 : Mode de refroidissement

Mnom 301Nm : Moment nominal

Altit. 1000 m : Altitude maximale de fonctionnement en mètres

Temp. 40 °C : Température maximale ambiante de fonctionnement

Caractéristiques nominales Nom

36,3 kW : Puissance

1150 min⁻¹: Nombre de tours par minute

440 V : Tension d'induit

95,5 A : Intensité d'induit

360 V : Tension d'excitation

3 A : Intensité d'excitation

Autre point de fonctionnement

3,63 kW : Puissance

115 min⁻¹: Nombre de tours par minute

44 V : Tension d'induit

95,5 A : Intensité d'induit

360 V : Tension d'excitation

3 A : Intensité d'excitation

Autre point de fonctionnement

36,3 kW : Puissance

1720 min⁻¹: Nombre de tours par minute

440 V : Tension d'induit

95,5 A : Intensité d'induit

240 V : Tension d'excitation

T : Indice d'imprégnation

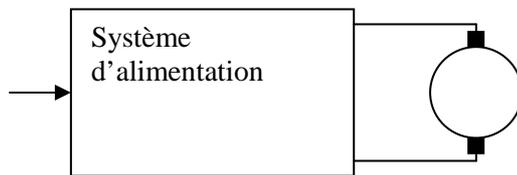
I : Système de peinture

S1 : Service S1

3.5 Alimentation d'une machine à courant continu

(voir cours électronique de puissance chapitre 22)

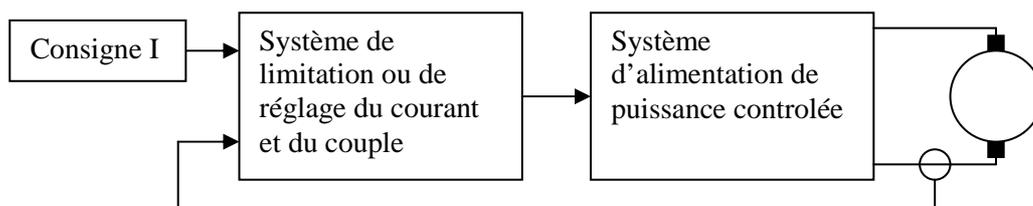
3.5.1 Alimentation directe sous tension nominale



Envisageons un démarrage sous sa tension nominale.

On remarque une forte surintensité à la mise sous tension du moteur. Ce courant de démarrage est égal à plus de trois fois le courant I_n . Il n'est donc pas admissible pour le collecteur de notre machine. Il est nécessaire de limiter le courant d'induit en adaptant continuellement la tension d'alimentation de la machine afin que courant d'induit ne dépasse pas $2xI_n$. Il peut être également souhaitable de contrôler directement le couple de la machine dans certaines applications (effort de traction constant, accélération contrôlée).

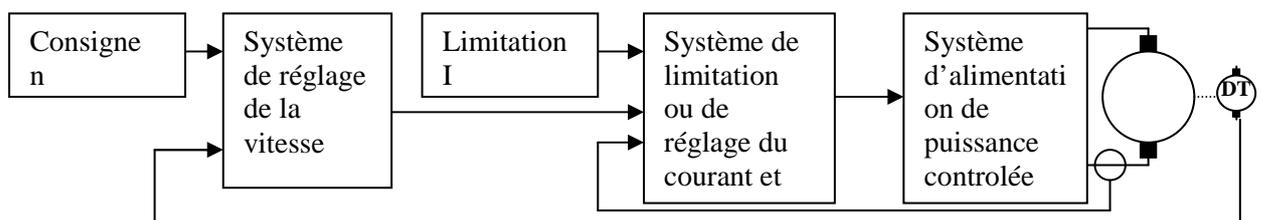
3.5.2 Alimentation avec contrôle du courant/couple



Cette alimentation utilise une source de tension contrôlée ($U_{\text{moteur}} = k.V_{\text{commande}}$) permettant d'ajuster le niveau de tension correspondant au courant souhaité.

Le courant est limité ce qui impose un temps de démarrage plus long. La variation de charge appliquée au moteur fait apparaître une forte variation de la vitesse de rotation. Il faut donc pour contrôler la vitesse de la machine une structure qui vienne positionner le couple T_e sur la valeur de T_r à la vitesse désirée. Cette structure devra également limiter le courant à une valeur comprise entre I_n et $2.I_n$.

3.5.3 Alimentation avec contrôle de la vitesse et limitation du courant



La vitesse initiale et le courant initiale sont nuls. On applique tout d'abord la tension maximale autorisée pour atteindre le plus rapidement possible le courant maximal d'induit. On asservit ensuite la tension d'induit pour maintenir le courant d'induit maximal pendant l'accélération.

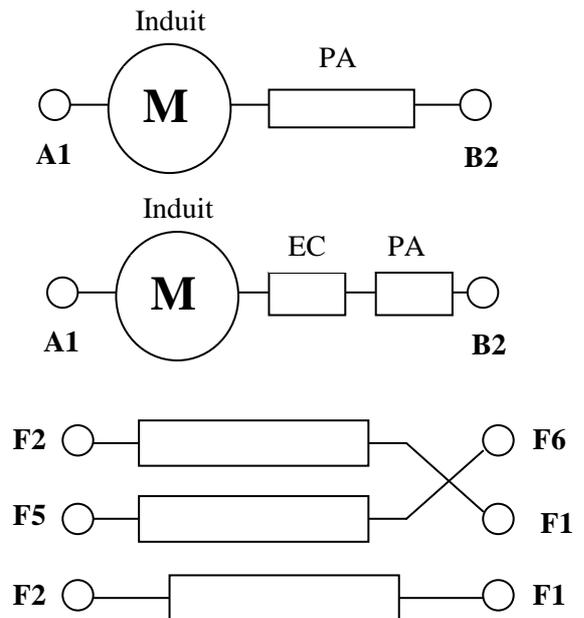
Lorsque la vitesse est atteinte la tension d'induit est positionnée afin d'imposer un courant d'induit tel que $T_e = T_r$. Lorsque le couple résistant varie le système réagit pour maintenir $T_e = T_r$ à la vitesse voulue.

3.6 Raccordement dans la boîte à bornes

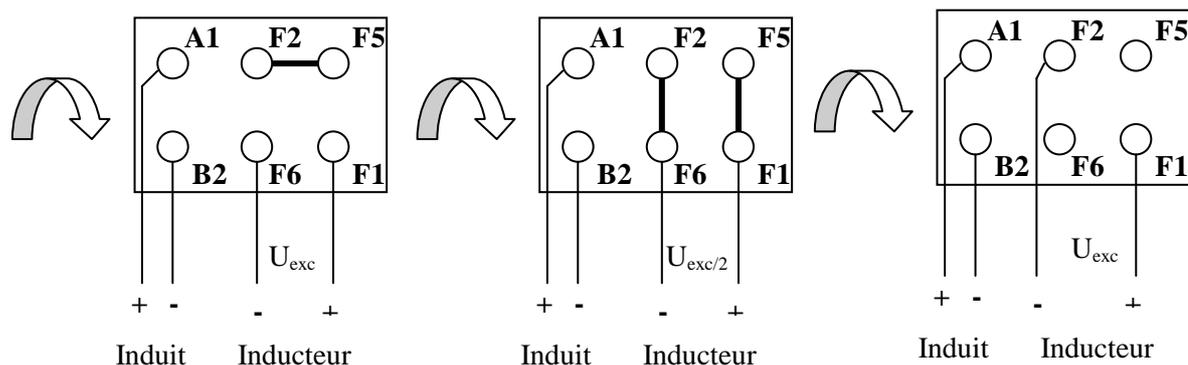
Les schémas électriques ci-contre se retrouvent dans

la boîte à bornes. On reconnaît dans l'ordre :

- Un moteur non compensé avec pôles d'aide à la commutation (PA)
- Un moteur compensé avec pôles d'aide à la commutation (PC)
- Un inducteur bi-tension par connexion série ou parallèle
- Un inducteur mono-tension



Ci-dessous l'implantation dans la boîte à bornes



4 Moteur monophasé asynchrone

Son utilisation est en fort développement pour des usages domestique et en particulier dans l'électroménager.

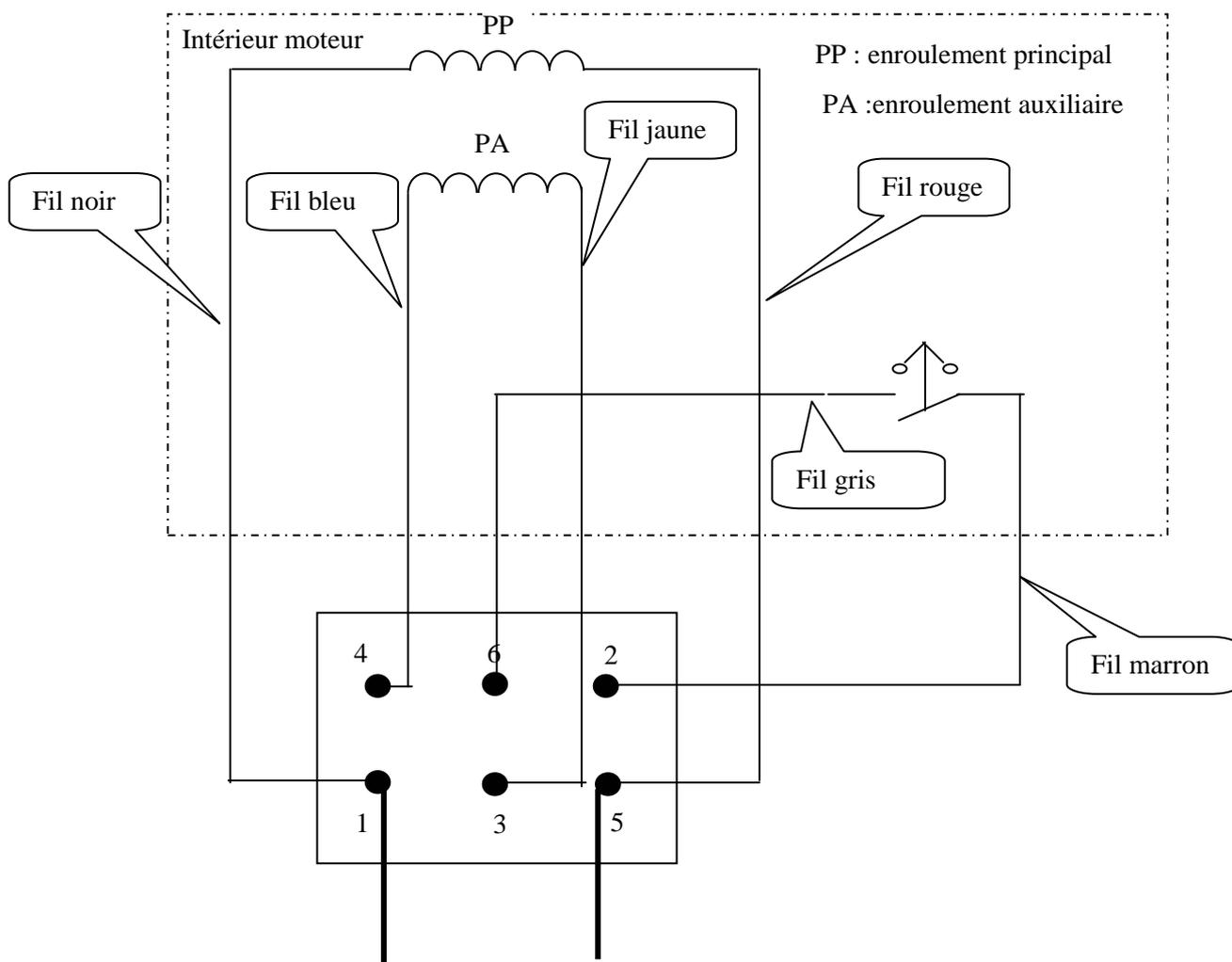
4.1 Principe

Il est constitué par :

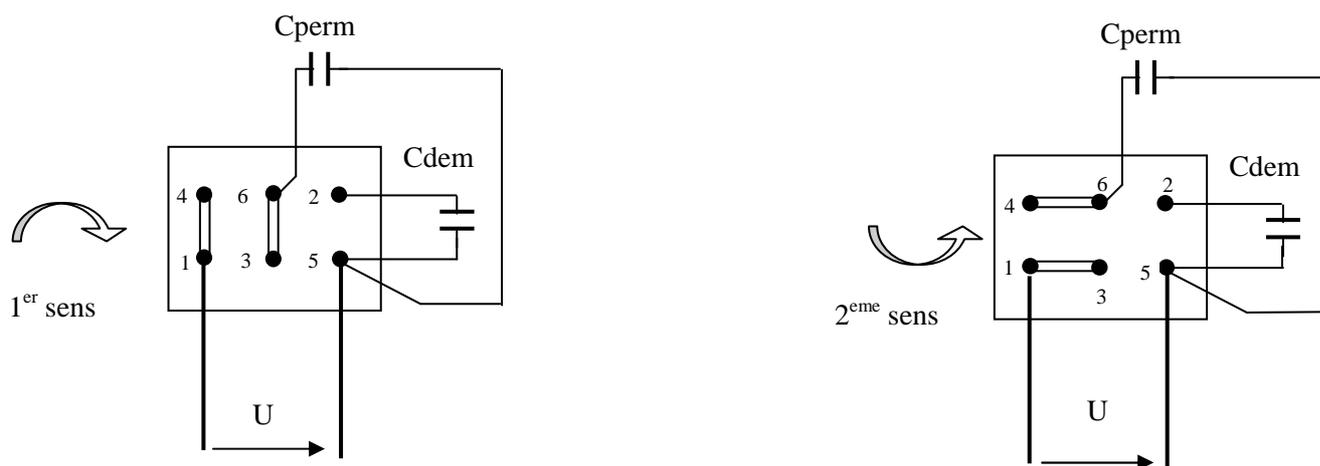
- Un stator identique à celui d'un moteur asynchrone triphasé avec un seul enroulement et un nombre pair de pôles.
- Un rotor à cage d'écureuil
- Un enroulement auxiliaire sur le stator décalé électriquement par rapport à l'enroulement principal pour permettre le démarrage. Le déphasage entre les deux enroulement s'obtient en mettant en série dans l'enroulement auxiliaire un condensateur qui sera éliminé par un relais temporisé ou un coupleur centrifuge quand le démarrage sera terminé.

4.2 Schéma de principe

Moteur monophasé, une tension, à coupleur centrifuge avec condensateur de démarrage et condensateur permanent



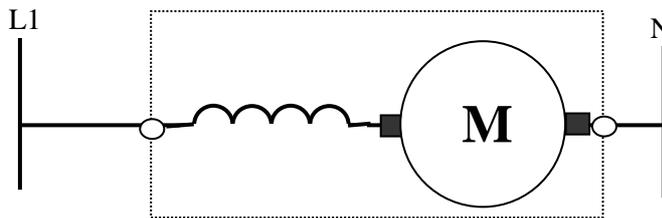
4.2.1 Schéma de branchement



Nota : L'inversion du sens de rotation s'obtient en inversant les polarités de l'enroulement auxiliaire

5 Moteur universel

- C'est un moteur à courant continu, dont l'inducteur est en série avec l'induit.



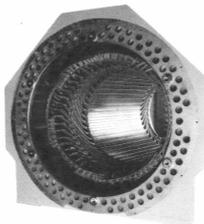
- Le sens de rotation ne change pas quand on inverse le sens du courant car il s'inverse en même tant dans l'induit et l'inducteur.
- Il peut donc fonctionner en continu ou en alternatif il suffit de feuilletter les inducteurs.
- Ils démarrent directement (couple de démarrage compris entre 1,5 et 2,5 fois le couple nominal).
- Vitesse est comprise entre 3000 et 15000 tr/min et peut être variable grâce (variateurs de vitesse électroniques)
- Ces moteurs équipent surtout le petit matériel électroménager et outillage portatif

6 Machines synchrones

6.1 Introduction

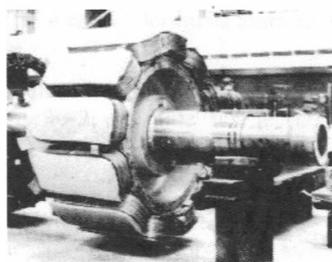
Le terme de machine synchrone regroupe toutes les machines dont la vitesse de rotation de l'arbre de sortie est égale à la vitesse de rotation du champ tournant. Pour obtenir un tel fonctionnement, le champ magnétique rotorique est généré soit par des aimants, soit par un circuit d'excitation. La position du champ magnétique rotorique est alors fixe par rapport au rotor, ce qui impose en fonctionnement normal une vitesse de rotation identique entre le rotor et le champ tournant statorique.

Cette famille de machine regroupe en fait plusieurs sous familles, qui vont de l'alternateur de plusieurs centaines de mégawatts au moteur de quelques watts. Néanmoins, la structure de toutes ces machines est relativement proche. Le stator est généralement constitué de trois enroulements triphasés, il est identique à celui d'une machine asynchrone.

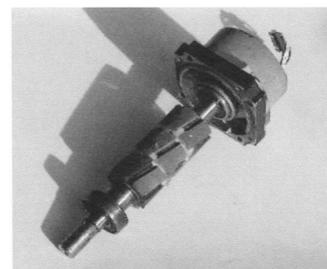


Stator

Il existe trois grandes familles de rotor, ayant pour rôle de générer le champ d'induction rotorique. Les rotors bobinés à pôles lisses, les rotors bobinés à pôles saillants ainsi que les rotors à aimants :



Rotor à pôles saillants



Rotor à aimants

6.2 Utilisation d'une machine synchrone en alternateur

La quasi-totalité de l'électricité produite en France est issue d'alternateur de type synchrone.

6.2.1 Principe

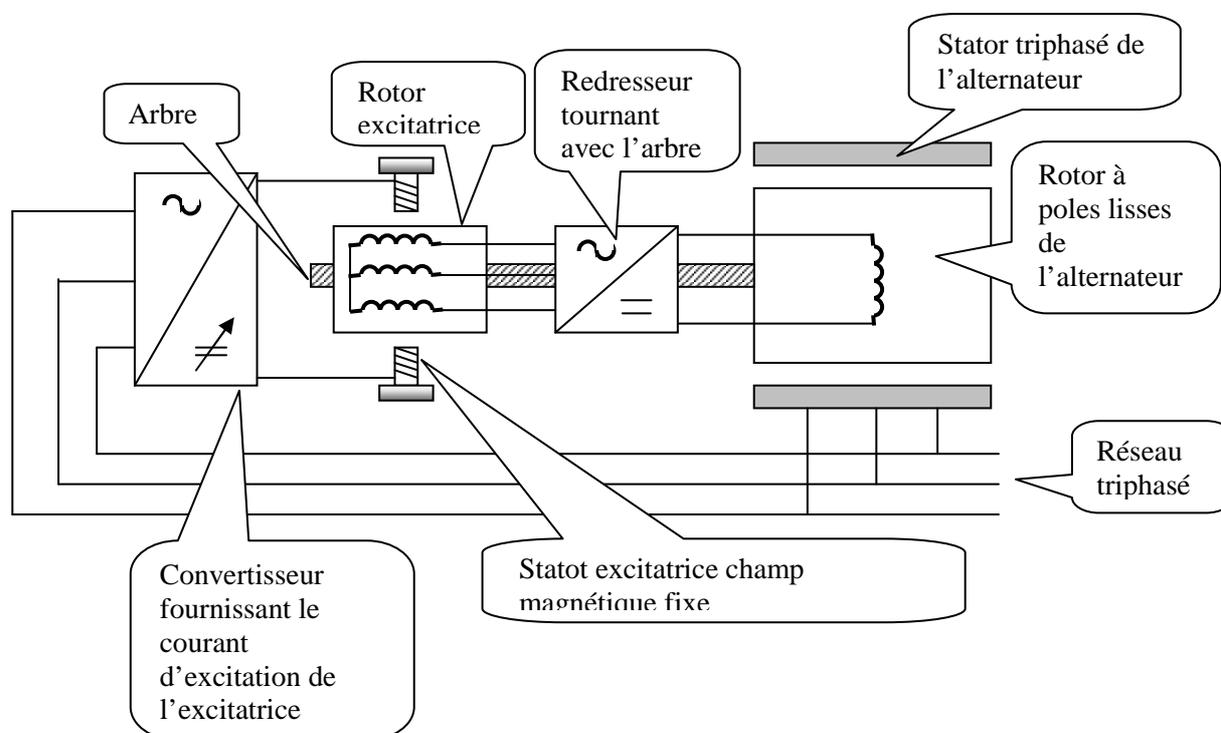
Voir cours chapitre 13

6.2.2 Constitution

Les alternateurs de très forte puissance (jusqu'à 1500 MVA) diffèrent des machines synchrones classiques essentiellement :

- par leur géométrie : l'augmentation de la puissance des alternateurs entraîne nécessairement une augmentation de leur taille. Afin de réduire les problèmes liés à l'accélération normale à la périphérie du rotor, les fabricants limitent le rayon des machines, ce qui entraîne une augmentation de la longueur.
- par leur système d'excitation
- par leur refroidissement

6.2.2.1 Excitation des alternateurs de forte puissance



Les puissances d'excitation des alternateurs de forte puissance sont telles (plusieurs mégawatts) qu'il est intéressant d'utiliser la puissance mécanique disponible sur l'arbre pour fournir le courant d'excitation. On utilise alors un système d'excitation monté sur le même arbre que le rotor de l'alternateur. De plus, il est alors possible de supprimer les contacts glissants nécessaires à l'alimentation de l'excitation :

L'excitatrice est en fait un alternateur inversé où le circuit d'excitation est placé sur le stator. Le rotor comporte un système d'enroulement triphasé dont les courants sont redressés afin d'alimenter l'inducteur de l'alternateur.

6.2.2.2 Refroidissement des alternateurs

Même si le rendement des alternateurs est excellent (proche de 99% pour un alternateur 1000MW) les puissances dissipées sous forme pertes joules sont énormes (proche de 1MW pour un alternateur 1000MW) et ceci dans un volume restreint. Il est donc nécessaire de mettre en

place des systèmes d'évacuation des calories basés sur l'utilisation de fluides caloporteurs circulants dans le stator, dans le rotor ainsi que dans les conducteurs statoriques.

6.2.3 Caractéristiques

Il est caractérisé par sa puissance nominale, sa tension et sa fréquence

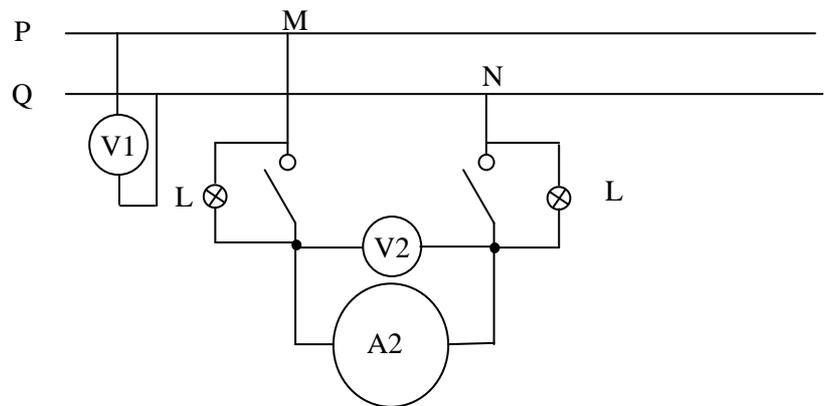
6.2.3.1 Couplage sur le réseau

Les alternateurs sont toujours couplés en parallèle, pour réaliser cette opération il faut :

- L'égalité de leurs tensions (valeurs maximales, donc de leurs valeurs efficaces)
- L'égalité de leurs fréquences ;
- Un déphasage nul entre elles.

Manœuvres de couplage d'un alternateur :

Soit un alternateur A2 que nous nous proposons de coupler en parallèle avec plusieurs autres connectés aux barres PM, QN appelées barres de couplage. Effectuons le montage ci-dessous où L désigne des lampes connectées entre les bornes de l'interrupteur de couplage.



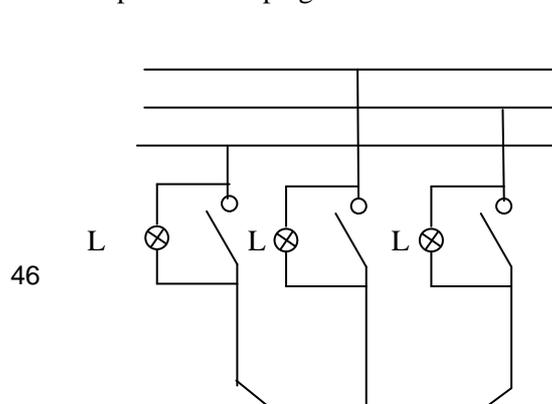
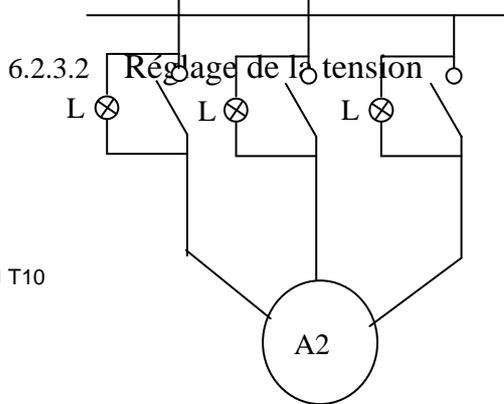
a) Mettons en marche l'alternateur A2 jusqu'à une vitesse voisine de la vitesse du synchronisme

$$N = \frac{60 f}{p} \quad (f = \text{fréquence de } U \text{ entre barres}).$$

b) Excitons A2 de façon que le voltmètre V2 entre ses bornes donne la même indication que le voltmètre V1 connecté entre les barres. La première condition du couplage est réalisée. A ce moment, nous observons que les lampes L marquent des battements, car les fréquences de U et de E2 ne sont pas identiques.

c) Agissons sur la vitesse de l'alternateur A2, de façon à ralentir les battements des lampes. Nous fermerons l'interrupteur K de couplage dès qu'une extinction durera trois secondes environ les tensions sont alors en phase.

d) Une opération supplémentaire s'impose, en triphasé, avant le couplage : celle de la reconnaissance de l'ordre des phases. Il faut en effet que, dans les alternateurs A1 et A2 que l'on couple en parallèle, les champs tournent dans le même sens, autrement dit que l'ordre de succession des phases que l'on relie entre elles soit le même. Si comme dispositif synchroniseur on emploie des lampes montées comme l'indique les schémas ci-dessous, celles-ci présenteront, dans la première hypothèse, des feux battant simultanément, dans la seconde, des feux tournants (maximums d'éclat passant d'une lampe à l'autre). Il faudra donc, si l'on a des feux tournants croiser deux connexions d'un même alternateur à l'interrupteur de couplage.



Réglage du courant d'excitation des inducteurs

6.2.3.3 Réglage de la fréquence

Agir sur la vitesse d'entraînement

6.3 Moteur synchrone

6.3.1 Principe

C'est la réversibilité d'un alternateur

6.3.2 Constitution

Identique à celle d'un alternateur avec en plus une cage d'écureuil dans le rotor

6.3.3 Caractéristique

- Vitesse constante (vitesse de synchronisme)
- Pour une puissance constante, le courant absorbé varie par variation du courant d'excitation.
- A vide si on le surexcite il fournit de la puissance réactive au réseau, il fonctionne en compensateur synchrone.

6.3.4 Démarrage

Il ne possède pas de couple au démarrage, il faut pour le démarrer l'emmener à sa vitesse de synchronisme :

- Par moteur auxiliaire
- Démarrage en asynchrone
- Démarrage par variateur de vitesse (moteur synchrone autopiloté)

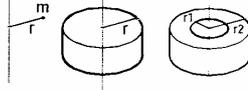
6.3.5 Emplois

- en vitesse lente : compresseurs à pistons, ventilateurs,, broyeurs, pompes à gros débit, laminoirs
- en vitesse rapide : turbocompresseur, pompes, groupes convertisseurs, TGV

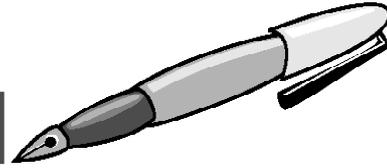
7 Formulaire

Formules simples utilisées en électrotechnique

FORMULAIRE MECANIQUE

Titres	Formules	Unités	Définitions / Commentaires
Force	$F = m \cdot \gamma$	F en N m en kg γ en m/s^2	Une force F est le produit d'une masse m par une accélération γ .
Poids	$G = m \cdot g$	G en N m en kg $g = 9.81 m/s^2$	
Moment	$M = F \cdot r$	M en N.m F en N r en m	Le moment M d'une force par rapport à un axe est le produit de cette force par la distance r du point d'application de F par rapport à l'axe.
Puissance - En rotation	$P = M \cdot \omega$	P en W M en N.m ω en rad/s	La puissance P est la quantité de travail fournie par unité de temps. $P = M \cdot \frac{N}{9,55}$ avec N en min^{-1}
- En linéaire	$P = F \cdot V$	P en W F en N V en m/s	V = vitesse linéaire de déplacement
Temps d'accélération	$t = J \cdot \frac{\omega}{MA}$	t en s J en $kg.m^2$ ω en rad/s MA en N.m	J moment d'inertie du système MA moment d'accélération Nota : Tous les calculs se rapportent à une seule vitesse de rotation ω . Les inerties à la vitesse ω' sont ramenées à la vitesse ω par la relation : $J_{\omega} = J_{\omega'} \cdot \left(\frac{\omega'}{\omega}\right)^2$
Moment d'inertie Masse ponctuelle Cylindre plein autour de son axe Cylindre creux autour de son axe	$J = m \cdot r^2$ $J = m \cdot \frac{r^2}{2}$ $J = m \cdot \frac{r_1^2 + r_2^2}{2}$	J en $kg.m^2$ m en kg r en m	
Inertie d'une masse mouvement linéaire	$J = m \cdot \left(\frac{v}{\omega}\right)^2$	J en $kg.m^2$ m en kg v en m/s ω en rad/s	Moment d'inertie d'une masse en mouvement linéaire ramené à un mouvement de rotation.
Temps d'arrêt	$t_s = t_c + t_2 + t_e$	t_s en ms	t_c Temps de réponse des organes de commande (contacteurs, fins de courses...) t_2 Temps de réponse au serrage du frein (cf. tableaux freins) t_e Temps de freinage du frein
Temps de freinage	$t_f = \frac{(J_m + J_c) \omega_m}{M_f \pm M_c}$	J en $kg.m^2$ M en N.m ω en rad/s	J_m Moment d'inertie du moteur frein, J_c Moment d'inertie de la charge ω_m Vitesse angulaire du moteur M_f Moment de freinage du moteur frein, M_c Moment dû à la charge : + si elle freine, - si elle entraîne
Moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre moteur	$J_c = J_c + J_c \left(\frac{\omega_c}{\omega_m}\right)^2 + m \left(\frac{v}{\omega_m}\right)^2$	J en $kg.m^2$ m en kg v en m/s ω en rad/s	J_c Moment d'inertie tournant à ω_m vitesse angulaire moteur J_c Moment d'inertie tournant à ω_c vitesse angulaire charge m Masse se déplaçant à ω vitesse linéaire
Distance d'arrêt	$l_s = v \left(t_c + t_2 + \frac{t_f}{2} \right)$	l_s en m v en m/s t en s	Distance due à la vitesse linéaire et aux différents temps, de réponse et de freinage.
Nombre de tours avant l'arrêt	$a = \frac{\omega_m}{2\pi} \left(t_c + t_2 + \frac{t_f}{2} \right)$	ω en rad/s t en s	Nombre de tours dus à la vitesse angulaire et aux différents temps, de réponse et de freinage.
Précision d'arrêt			La précision d'arrêt ou la répétabilité du freinage dépend de plusieurs facteurs : état des organes de commande, température, entrefer, usure du frein, jeux mécaniques de la chaîne cinématique... Il est raisonnable de prendre une précision d'arrêt de $\pm 20\%$; avec électro-aimant alternatif, ou continu avec coupure sur continu, et soins particuliers : $\pm 10\%$.

Travail personnel



Exercices 1 : (d'après Bac pro 2001)

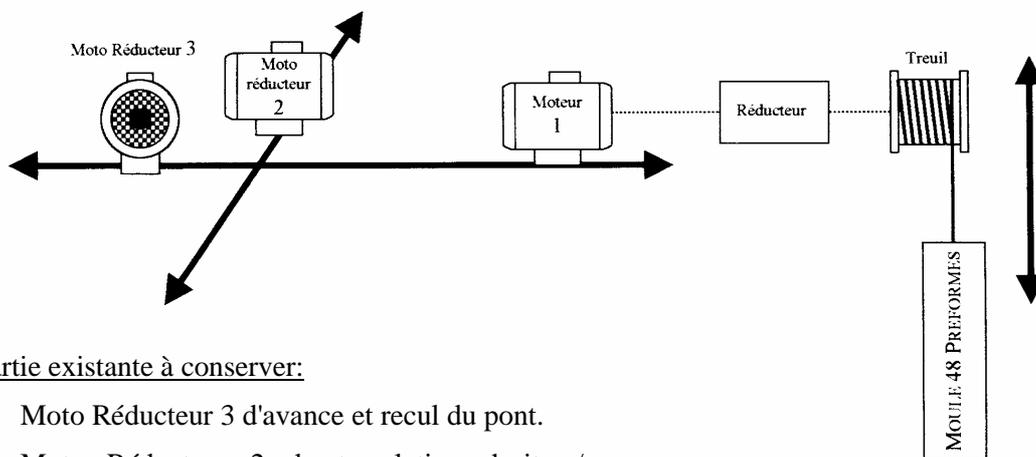
Une entreprise dispose d'un pont roulant 3 axes de 2 tonnes principalement utilisé pour le changement des moules d'injection en fonction du type de préformes à réaliser .

Ce pont est commandé par un boîtier de commande manuel.

Pour limiter les mouvements dus à l'inertie de la charge et augmenter la précision du système de levage il est nécessaire de prévoir un système à 2 vitesses pour chaque mouvement:

Une vitesse d'approche (rapide) Une vitesse de positionnement (lente)

Descriptif du système :



Partie existante à conserver:

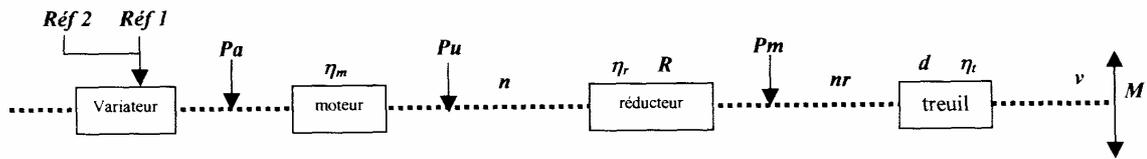
- Moto Réducteur 3 d'avance et recul du pont.
- Moto Réducteur 2 de translation droite / gauche du pont.
- Treuil.

Partie à modifier:

- Moto Réducteur 1 de pose et dépose du moule.

Caractéristiques du sous-système de pose et dépose du moule:

- Réseau: 3 x 400 V. + N
- Charge: masse du moule $M = 1$ Tonne ($g = 9,8$)
- Vitesse linéaire d'approche $v_1 = 0,2$ m/s
- Vitesse linéaire de positionnement $v_2 = 0,02$ m/s
- Treuil : Diamètre du tambour $d = 20$ cm
Rendement $\eta_t = 1$
- Réducteur : Rendement $\eta_r = 0,9$
- Rapport de réduction $R = 1/150$



Question 1.1 : compléter le tableau suivant

	Calculs	Résultats
Vitesse rapide après le réducteur nr1		
Vitesse lente après le réducteur nr2		
Vitesse rapide du moteur n1		
Vitesse lente du moteur n2		
Puissance mécanique utile Pm		
Puissance utile du moteur Pu		

Question 1.2 : donner les caractéristiques du moteur à commander (à l'aide du document ressource en annexes)

Tension	
P nominale	
Vitesse nominale	
Rendement	
Facteur de puissance	
Référence	

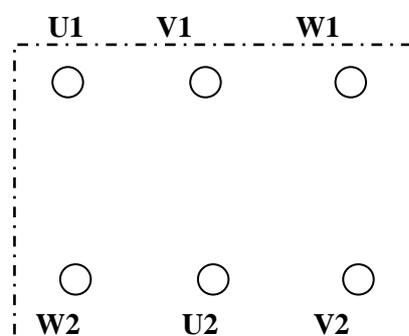
Question 1.3 : pour un moteur LS90L (2,2kW) compléter le tableau suivant (à l'aide du document ressource en annexes caractéristiques électriques des moteurs)

	Formules	Résultats
Courant nominal		
Courant de démarrage		
Couple nominal		
Couple de démarrage		

Question 1.4 : quel couplage faudra-t-il prévoir sur le moteur ?

Couplage

Plaque à bornes



Exercices 2 : Choix de moteur asynchrone.

➤ Exercice 2.1 :

- La machine à entraîner requiert une puissance de 10 kW à 3000 tr/min
- La machine fonctionne 10 h par jour et subit 2 démarrages dans la journée
- La machine est raccordée au réseau triphasé 230/400 V 50 Hz
- Les conditions d'utilisation sont considérées comme normales au regard de la norme CEI 34-1
- Hauteur d'axe minimum
- Choisir le moteur

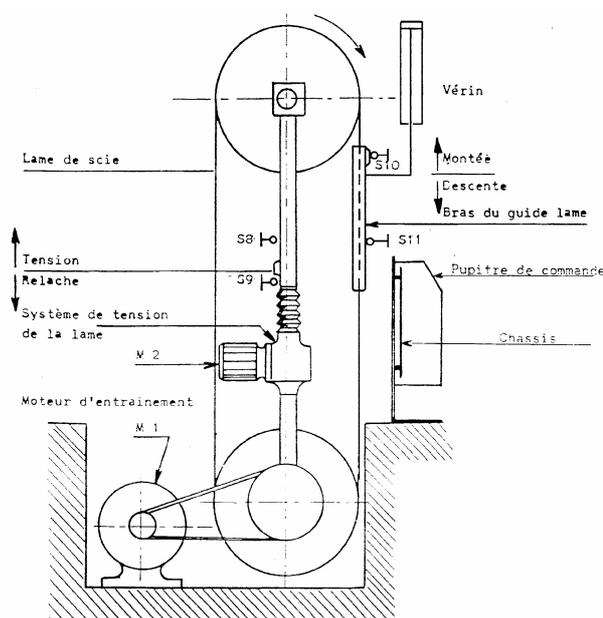
➤ Exercice 2.2 :

- La machine à entraîner requiert une puissance de 8 kW à 1420 tr/min
- La machine fonctionne périodiquement 15 min par heure avec un seul démarrage
- La machine est raccordée au réseau triphasé 400 V 50 Hz
- La température de fonctionnement est de 55°C
- L'altitude d'implantation est de 2000 m

- Le temps de démarrage est de l'ordre de 1 s
- Les conditions d'utilisation sont considérées comme normales au regard de la norme CEI 34-1
- Choisir le moteur
- **Exercice 2.3 : Choix de moteur décrivant un cycle de fonctionnement.**
- La machine à entraîner a un couple résistant de 100 Nm à peu près constant (levage)
- La machine à entraîner a une inertie de 120 kg.m² elle peut fournir de l'énergie en descente
- La machine à entraîner doit passer de 0 à 60 tr/min en 1s
- La machine à entraîner fonctionne ensuite à vitesse constante 60 tr/min
- La machine à entraîner doit passer de 60 à 0 tr/min en 1s (freinage à contre courant)
- La machine à entraîner reste immobile puis le cycle recommence
- Le nombre de cycles par heure est de 30
- Le moteur est accouplé à la machine par un réducteur de rapport 1/12 supposé parfait
- La machine est raccordée au réseau triphasé 230/400 V 50 Hz
- Les conditions d'utilisation sont considérées comme normales au regard de la norme CEI 34-1
- Déterminer les caractéristiques utiles en sortie de l'arbre moteur repère 1
 - Vitesse de rotation : ω_1
 - Couple résistant : T_{r1}
 - Inertie de la charge : J_1
- Calculer les différents couples moteurs nécessaires aux différentes phases
- Déterminer la puissance moyenne équivalente
- Choisir le moteur

Exercices 3 : Recherche de schéma

- Cahier des charges



Le débit des grumes, dans une scierie se fait par une scie à ruban schématisée ci-contre.

L'installation est alimentée par un réseau triphasé 400 V + N+ PE .

- **Entraînement de la scie**

Il est effectué par un moteur asynchrone M1 de 15 kW. L'importante inertie de l'ensemble nécessite un démarrage étoile triangle avec une solution « 2 produits » en coordination type 1.

La commande est faite par l'intermédiaire de boutons poussoirs Marche S2 et Arrêt S1.

La protection du moteur est assurée par un relais thermique .

Un voyant lumineux vert H1 signale la marche du moteur ,un voyant lumineux rouge H2 l'arrêt causé par le déclenchement du relais de protection .

- **Tension de la lame**

Elle est réalisée à l'aide d'un système vis écrou entraîné par un moto-réducteur asynchrone M2 de 0,75 kW à deux sens de marche démarrage direct et une solution « 2 produits » en coordination type1 .

La commande s'effectue à l'aide de deux boutons poussoirs "O+F", S3 Tension S4 Relâchement, permet tant le fonctionnement par impulsion (Arrêt par relâchement du bouton poussoir) et le verrouillage de l'autre circuit.

Les contacts de fin de course Montée S8 et Descente S9 contrôlent les positions extrêmes à ne pas dépasser.

- **Protecteur et guide lame (pas pris en compte dans cette étude)**

La lame est guidée est protégée par un système devant se mettre en position avant l'avance du chariot de grumes.

La descente et la remontée de ce protecteur est assurée par un vérin double effet A commandé par un distributeur 5/2 à double pilotage électrique. Les fin de course S10 et S11 déterminent sa position.

L'avance du chariot d'aménagement des grumes ne fait pas partie de cette étude, seule son autorisation d'avance sera définie par l'excitation d'un relais KA1.

Le fonctionnement de ce guide lame et l'autorisation d'amenée des grumes est automatique et est commandée par un API.

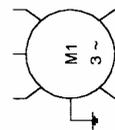
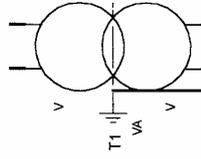
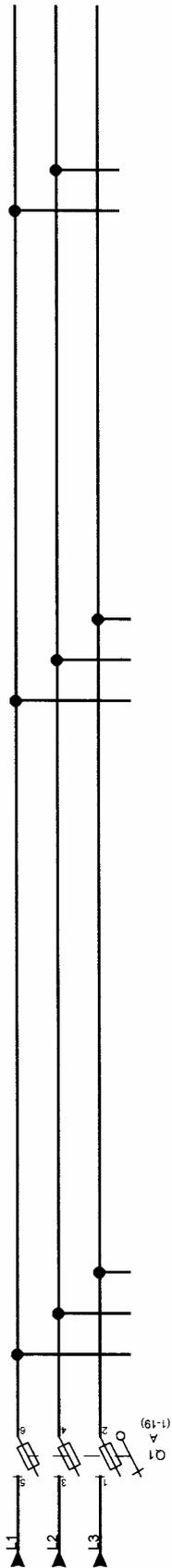
L'ordre de départ du cycle se fait par l'intermédiaire du bouton poussoir S6, la fin de sciage est détectée par le capteur S7.

- **Travail demandé**

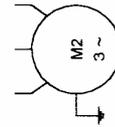
En vous aidant des documents constructeur situés en annexe page 62 à 66

- réaliser en complétant le document page 53 le schéma de commande de la partie du démarrage du moteur M1.
- réaliser sur le document page 52 le schéma de puissance électrique de l'équipement.
- donner les tensions du moteur M2 et M1 pour pouvoir réaliser les démarrages prévus (répondre sur le document de la page 52).
- Donner les références des produits permettant de réaliser les démarrages moteurs désirés

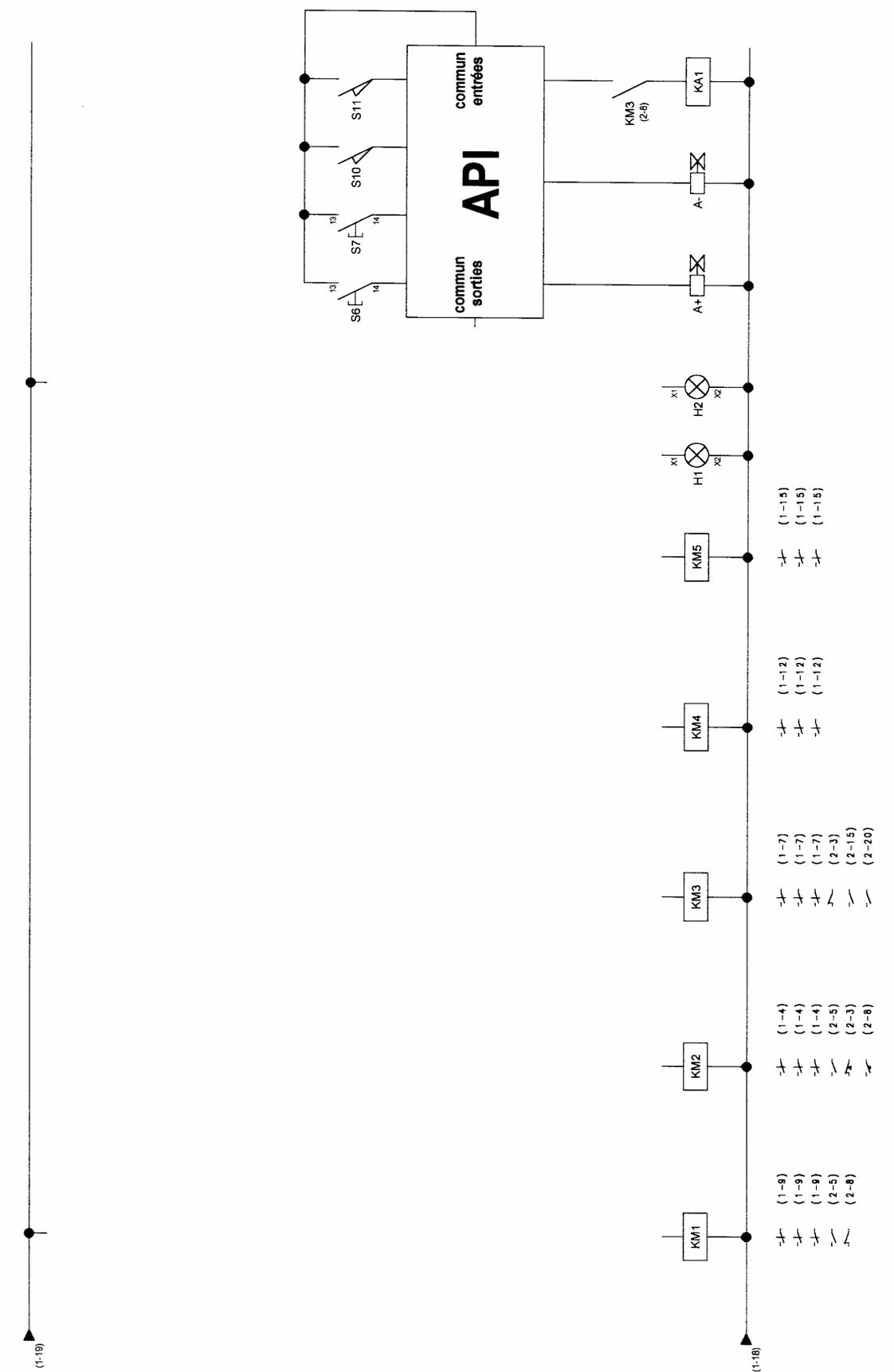
Départ Moteur	Désignations	Références
M1	Disjoncteur moteur magnéto-thermique	
	Contacteur	
	Contact de signalisation de défaut	
	Contact de signalisation de défaut	
M2	Disjoncteur moteur magnéto-thermique	
	Contacteur	
	Contact de signalisation de défaut	
	Contact de signalisation de défaut	



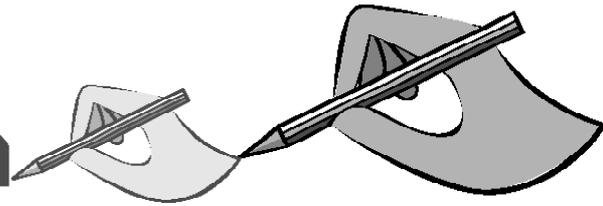
Tension moteur M1 :



Tension moteur M2:



Autocorrection



Exercice 1

Question 1.1 : compléter le tableau suivant

	Calculs	Résultats
Vitesse rapide après le réducteur nr1	$nr1 = 30 \omega l / \Pi$ avec $\omega l = v1 / r = 0,2/0,1 = 2 \text{ rd/s}$ $nr1 = 30 \cdot 2 / \Pi = 19$	19 tr/mn $0,32 \text{ s}^{-1} \text{ (tr/s)}$
Vitesse lente après le réducteur nr2	$nr2 = 30 \omega 2 / \Pi$ avec $\omega 2 = v2 / r = 0,02/0,1 = 0,2 \text{ rd/s}$ $nr2 = 30 \cdot 0,2 / \Pi = 1,9$	1,9 tr/mn $0,032 \text{ s}^{-1} \text{ (tr/s)}$
Vitesse rapide du moteur n1	$n1 = nr1 \cdot 1/R$ $n1 = 19 \cdot 150$	2850 tr/mn
Vitesse lente du moteur n2	$n1 = nr1 \cdot 1/R$ $n1 = 1,9 \cdot 150$	285 tr/mn
Puissance mécanique utile Pm	$Pm = F \cdot v1$ $Pm = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,2$	1960 W
Puissance utile du moteur Pu	$Pu = Pm / \eta_r$ $Pu = 1900 / 0,9$	2178 W

Question 1.2 : donner les caractéristiques du moteur à commander

Tension	230/400 V
P nominale	2,2 kW
Vitesse nominale	2850 tr/mn
Rendement	0,82
Facteur de puissance	0,89
Référence	LS90L

Question 1.3 : pour un moteur LS90L (2,2kW) compléter le tableau suivant

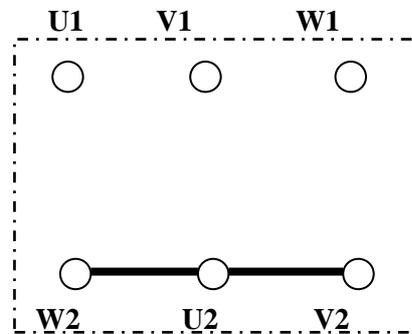
	Formules	Résultats
Courant nominal	$In = Pn / U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi \cdot \eta$	4,35 A
Courant de démarrage	$Id = 6,8 \cdot In$	29,6 A
Couple de démarrage	$Cd = 2,9 \cdot Cn$	21,4 Nm

Question 1.4 : quel couplage faudra-t-il prévoir sur le moteur ?

Couplage

Etoile

Plaque à bornes



Exercice 2.1 :

- On reconnaît ici un service continu S1 de la machine. Il n'y a pas lieu de prendre en compte d'autre élément car les conditions d'exploitation restent dans le cadre des limites définies dans la norme CEI 34-1.
- La puissance de 10 kW à 3000 tr/min est prise en compte pour le dimensionnement du moteur. 3000 tr/min nous donne un moteur à une paire de pôles que nous allons sélectionner dans le tableau de choix de moteur Leroy-Somer. Sur le tableau de choix de la gamme de moteur Leroy-Somer, donné pour une tension d'alimentation de 230 V / 400 V le moteur LS 132 M semble être convenable ainsi que le LS 160 M.
- Le moteur LS 132 M est celui des deux qui à la plus petite hauteur d'axe (132 mm).

Exercice 2.2 :

- On reconnaît ici un service intermittent périodique S3 de la machine. La détermination de la puissance dimensionnante nécessite le calcul d'une puissance apparente équivalente au service S1.

$$P_a = \sqrt{\frac{n \cdot t_d \cdot ((I_d / I_n) \cdot P_n)^2 + (3600 - n \cdot t_d) P_u^2 \cdot F_{dm}}{3600}}$$

Pour laquelle : $n = 0$ et $F_{dm} = 0,25$ la formule ci-dessus devient donc :

$$P_a = \sqrt{P_u^2 \cdot F_{dm}}$$

- La puissance apparente est donc de 4 kW
- Le coefficient de correction correspondant est de 0,77 (un moteur de 1 kW peut

fournir 0,77 kW). La puissance de dimensionnement est donc de 5195 W
 Il faut donc choisir dans les moteurs 2 paires de pôles une machine d'une puissance nominale au moins égale à 5,2 kW. Un LS 132 S (5,5 kW pour 1430 tr.min⁻¹) sera parfaitement adapté.

Exercice 2.3 :

Déterminer les caractéristiques utiles en sortie de l'arbre moteur repère 1

Vitesse de rotation : ω_1

La vitesse maximale de fonctionnement après le réducteur est de $n_2 = 60$ tr/min. Le réducteur 1/12 du moteur vers la charge nous permet de calculer la vitesse de rotation en sortie moteur $n_1 = 60$ tr/min $\times 12 = 720$ tr/min soit $\omega_1 = 75,4$ rd/s.

Couple résistant : T_{r1}

- La machine à entraîner a un couple résistant T_{r2} de 100 Nm
 Le réducteur étant supposé parfait on peut écrire P_1 (puissance à l'entrée du réducteur) = P_2 (puissance à la sortie du réducteur) soit : $P_1 = T_1\omega_1 = P_2 = T_2\omega_2$ d'où :

$$T_{r1} = T_{r2} \frac{\omega_2}{\omega_1} = 8,33 \text{ Nm}$$

Inertie de la charge : J_1

- La machine à entraîner a une inertie de 120 kg.m²

Le réducteur étant supposé parfait on peut écrire W_1 (énergie cinétique à l'entrée du réducteur) = W_2 (énergie cinétique à la sortie du réducteur) soit :

Calculer les différents couples moteurs nécessaires aux différentes phases

$$W_1 = \frac{1}{2} J_1 \cdot \omega_1^2 = W_2 = \frac{1}{2} J_2 \cdot \omega_2^2 \text{ soit } J_1 = J_2 \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} = 0,833 \text{ kg.m}^2$$

- La machine à entraîner doit passer de 0 à 60tr/min en 1s
 On utilise la loi fondamentale de la dynamique en sortie de l'arbre moteur :

$$T_{m1} - T_{r1} = J_{IT} \frac{d\omega_1}{dt}$$

T_{m1} : couple fourni par le moteur

T_{r1} : ensemble des couples résistants ramenés côté 1

J_{IT} : ensemble des inerties ramenées côté 1 (y compris celle du moteur non choisi)

Il faut donc partir sur un moteur 4 paires de pôles (720 tr/min) le LS 112 MG pour lequel

$J_m = 0,015$ kg.m² et revenir sur ce choix en cas de mauvais choix. On a donc

$J_{IT} = J_1 + J_m = 0,848$ kg.m² et $C_{r1} = 8,33$ Nm.

$$T_{m1} = J_{IT} \frac{d\omega_1}{dt} + T_{r1} = 0,848 \cdot \frac{75,4}{1} + 8,33 = 72,27 \text{ Nm}$$

or le couple moyen durant la phase de démarrage pour un moteur asynchrone est donné par

$$T_{md} = \frac{T_d + 2T_m + 2T_M + T_n}{6} = \frac{40,4 + 2 \cdot 32,32 + 2 \cdot 42,42 + 20,2}{6} = 35 \text{ Nm}$$

Ce qui est très insuffisant essayons un moteur dont le couple est 2,1 fois supérieur (72,27/35)
Le moteur 4 paires de pôles (720 tr/min) LS 160 M de 4 kW pour lequel $J_m = 0,069 \text{ kg.m}^2$
On a donc $J_{IT} = J_1 + J_m = 0,902 \text{ kg.m}^2$ et $T_{r1} = 8,33 \text{ Nm}$.

or le couple moyen durant la phase de démarrage pour un moteur asynchrone est donné par

$$T_{md} = \frac{T_d + 2T_m + 2T_M + T_n}{6} = \frac{101,6 + 2 \cdot 77,58 + 2 \cdot 90,95 + 53,5}{6} = 82 \text{ Nm}$$

Cette machine convient et permet une accélération en un temps inférieur à 1s

$$t_d = \frac{\Pi \cdot n_f \cdot J_T}{30 \cdot T_a} = \frac{3,14 \cdot 720 \cdot 0,902}{30 \cdot (82 - 8,33)} = 0,923 \text{ s}$$

- La machine à entraîner fonctionne ensuite à vitesse constante 60tr/min pendant 5s
La loi fondamentale de la dynamique en sortie de l'arbre se réduit à :

$$T_{m1} = J_{IT} \frac{d\omega_l}{dt} + T_{r1} = 0,902 \cdot \frac{-75,4}{1} - 8,33 = -76,34 \text{ Nm}$$

Le signe – indique seulement une phase de freinage, la charge peut être entraînant

- La machine à entraîner reste immobile 1s puis le cycle recommence
Si la charge est entraînant un couple de maintien sera nécessaire durant cette phase (frein mécanique)

Déterminer la puissance moyenne équivalente

Pour ce service type S4 le calcul de la puissance moyenne équivalente est nécessaire pour le dimensionnement du moteur. Il est donné par la relation :

$$P_a = \sqrt{\frac{n \cdot t_d \cdot ((I_d / I_n) \cdot P_n)^2 + (3600 - n \cdot t_d) P_u^2 \cdot F_{dm}}{3600}}$$

$$P_a = \sqrt{\frac{480 \cdot 0,923 \cdot (3,2 \cdot 4000)^2 + (3600 - 480 \cdot 0,923) (8,33 \cdot 75,4)^2 \cdot 7/120}{3600}} = 4493 \text{ W}$$

Le moteur choisi est donc insuffisant il faut reprendre avec un LS 160 M de 5,5 kW
Le moteur 4 paires de pôles (720 tr/min) LS 160 M de 5,5 kW pour lequel $J_m = 0,092 \text{ kg.m}^2$
On a donc $J_{IT} = J_1 + J_m = 0,925 \text{ kg.m}^2$ et $C_{r1} = 8,33 \text{ Nm}$.

$$T_{ml} = J_{IT} \frac{d\omega_l}{dt} + T_{rl} = 0,925 \cdot \frac{75,4}{1} - 8,33 = 78,08 \text{ Nm}$$

or le couple moyen durant la phase de démarrage pour un moteur asynchrone est donné par :

$$T_{md} = \frac{T_d + 2T_m + 2T_M + T_n}{6} = \frac{139,7 + 2 \cdot 118 + 2 \cdot 147 + 73,5}{6} = 123,87 \text{ Nm}$$

Cette machine convient et permet une accélération en un temps largement inférieur à I_s

$$t_d = \frac{II \cdot n_f \cdot J_T}{30 \cdot T_a} = \frac{3,14 \cdot 720 \cdot 0,925}{30 \cdot (123,87 - 8,33)} = 0,605 \text{ s}$$

$$P_a = \sqrt{\frac{480 \cdot 0,605 \cdot (3,5 \cdot 5500)^2 + (3600 - 480 \cdot 0,605) \cdot (8,33 \cdot 75,4)^2}{3600}} = 5469 \text{ W}$$

Ce qui est juste satisfaisant

Exercice 3

- **Choix du matériel des départs moteurs**

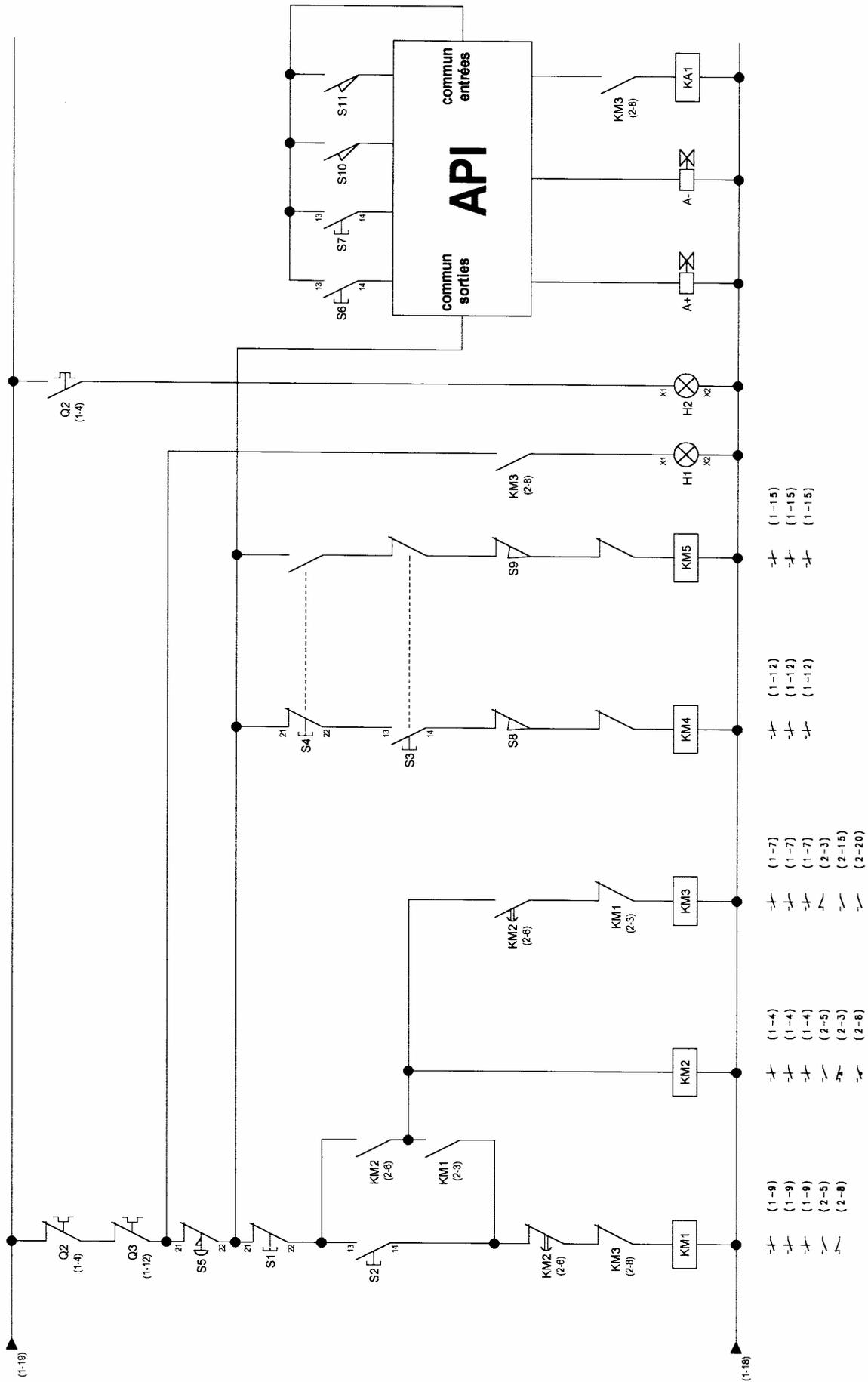
Départ Moteur	Désignations	Références
M1	Disjoncteur moteur magnéto-thermique	GV2 ME32
	Contacteur	LC1 D32
	Contact de signalisation de défaut	GV AD0110
	Contact de signalisation de défaut	GV AD1010
M2	Disjoncteur moteur magnéto-thermique	GV2 ME07
	Contacteur	LC1 D09
	Contact de signalisation de défaut	GV AD0110
	Contact de signalisation de défaut	GV AD1010

- **Schéma de puissance**

Voir page 61

- **Schéma de commande**

Voir page 62



ANNEXES

Caractéristiques électriques des moteurs (d'après Leroy-Somer)

2
Pôles
3000 min⁻¹

IP 55 - S1
Cl. F - ΔT 80 K
MULTI-TENSION

RESEAU Δ 230 / Y 400 V ou Δ 400 V

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Couple nominal	Intensité nominale	*Facteur de puissance	*Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Couple démarrage / Couple nominal	Couple maximal / Couple nominal	Puissance apparente nominale	**Courbe de couple	Moment d'inertie	Masse
	P_N kW	N_N min ⁻¹	C_N Nm	$I_N(400V)$ A	$\cos \varphi$	η %	I_D / I_N	M_D / M_N	M_M / M_N	kVA_N	N°	J kg.m ²	IM B3 kg
LS 56 L	0.09	2740	0.3	0.3	0.78	59	4.2	2.8	2.6	0.21	1	0.0001525	3.8
LS 56 L	0.12	2760	0.4	0.46	0.76	56	3.9	2.2	2.4	0.32	1	0.0001525	3.8
LS 63 E	0.18	2825	0.6	0.5	0.8	67	5.5	3.3	2.8	0.35	1	0.0001875	4.8
LS 63 E	0.25	2830	0.8	0.66	0.78	71	6.8	3.3	4	0.46	1	0.00025	6
LS 71 L	0.37	2820	1.3	0.95	0.83	71	4.8	3	3.5	0.66	1	0.00035	6.4
LS 71 L	0.55	2800	1.9	1.35	0.85	75	5	2.6	2.8	0.93	1	0.00045	7.3
LS 71 L	0.75	2810	2.5	1.8	0.82	75	6	2.8	3.2	1.25	1	0.0006	8.3
LS 80 L	0.75	2840	2.5	1.6	0.87	76	5.9	2.4	2.2	1.1	7	0.0007	8.2
LS 80 L	1.1	2845	3.7	2.3	0.86	79.5	6.7	2.7	2.4	1.6	6	0.0009	9.7
LS 90 L	1.5	2850	5	3	0.88	81.5	7.5	3	2.8	2.1	6	0.0011	11.3
LS 90 S	1.5	2870	5	3.3	0.82	79	7	3.6	3.2	2.3	7	0.0014	12
LS 90 L	1.8	2870	6	3.6	0.89	82	8.3	3.6	3.2	2.5	7	0.0017	14
LS 90 L	2.2	2850	7.4	4.4	0.89	82	7.5	3.6	3.2	3	6	0.0021	16
LS 100 L	3	2860	10	6.3	0.83	81	7.6	3.8	3.9	4.4	5	0.0024	20
LS 112 M	4	2840	13.5	8.2	0.86	81	8.4	4.2	3.5	5.7	5	0.0029	22
LS 112 MG	5.5	2900	18.1	11.5	0.83	83	8.4	3.2	3.4	8	3	0.0092	30
LS 132 S	5.5	2900	18.1	11.5	0.83	83	8.4	3.2	3.4	8	3	0.0092	32.5
LS 132 S	7.5	2920	24.5	15.3	0.84	85	8.6	3.3	3.5	10.6	3	0.0126	39
LS 132 M	9	2900	29.6	17.5	0.88	85	7.6	3.2	3.7	12.1	1	0.0236	49
LS 132 M	11	2915	36	21.2	0.86	87	7.6	3	3.7	14.7	1	0.0285	54
LS 160 M	11	2935	35.8	20.4	0.87	89.5	8.5	3	3.3	14.7	1	0.034	62
LS 160 MP	15	2935	48.8	27.6	0.87	90	8.5	3.4	3.6	19.3	1	0.043	72
LS 160 L	18.5	2945	60	33.2	0.88	91.4	8.4	3.0	3.4	23.0	4	0.051	92
LS 180 MT	22	2945	71.4	39.5	0.88	91.4	8.6	3.0	3.4	27.4	4	0.057	98
LS 200 LT	30	2950	97.2	51.7	0.91	92.0	8.8	2.8	3.4	35.8	4	0.096	160
LS 200 L	37	2960	119.4	64.9	0.89	92.5	8.4	3.0	3.6	44.9	4	0.133	185
LS 225 MR	45	2955	145.5	77	0.91	93.2	8.5	3.3	3.7	53.1	4	0.155	210
LS 250 MZ	55	2960	177.5	96	0.89	93.4	8.7	3.3	3.6	66.2	4	0.178	230
LS 280 SP	75	2975	240.9	125	0.92	94.3	8.3	2.7	3.2	86.4	4	0.21	280
LS 280 MP	90	2975	289	149	0.92	94.9	8.6	2.7	3.4	103.1	4	0.27	330
LS 315 SP	110	2975	353.3	184	0.91	94.9	8.7	2.7	3.1	127.4	4	0.34	390
LS 315 MP	132	2975	423.9	220	0.91	95.2	8.8	2.8	3.2	152.4	4	0.42	460
LS 315 MR	160	2975	513.8	267	0.91	95.2	8.9	2.9	3.3	184.7	4	0.51	550



IP 55 - S1
Cl. F - ΔT 80 K
MULTI-TENSION

RESEAU Δ 230 / Y 400 V ou Δ 400 V

Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	Vitesse nominale N_N min ⁻¹	Couple nominal C_N Nm	Intensité nominale $I_N(400V)$ A	*Facteur de puissance $\cos \varphi$	* Rendement η %	Courant démarrage / Courant nominal I_D / I_N	Couple démarrage / Couple nominal M_D / M_N	Couple maximal / Couple nominal M_M / M_N	Puissance apparente nominale kVA_N	**Courbe de couple N°	Moment d'inertie J kg.m ²	Masse IM B3 kg
LS 56 L	0.09	1370	0.6	0.96	0.7	55	2.9	2	2.2	0.25	2	0.00025	4
LS 63 E	0.12	1375	0.8	0.44	0.77	56	3	2.2	2.2	0.30	2	0.00035	4.8
LS 63 E	0.18	1410	1.2	0.62	0.75	63	3.7	2.3	2.3	0.43	2	0.000475	5
LS 71 L	0.25	1435	1.7	0.7	0.74	70	4.6	2.3	2.7	0.48	2	0.000675	6.4
LS 71 L	0.37	1425	2.5	1.12	0.7	70	4.4	2.3	2.6	0.78	2	0.00085	7.3
LS 71 L	0.55	1390	3.8	1.65	0.75	66	3.7	1.9	2.2	1.15	2	0.0011	8.3
LS 80 L	0.55	1400	3.8	1.6	0.74	67	4.4	2.1	2.2	1.1	7	0.0013	8.2
LS 80 L	0.75	1400	5.1	2	0.77	70	4.5	2.4	2.5	1.4	7	0.0018	9.3
LS 80 L	0.9	1425	6	2.3	0.73	73	5.8	2.6	2.4	1.6	6	0.0024	10.9
LS 90 S	1.1	1425	7.4	2.5	0.82	77	4.7	1.7	2.3	1.7	7	0.0032	11.5
LS 90 L	1.5	1430	10	3.6	0.81	75	5.2	1.8	2.2	2.5	7	0.0039	13.5
LS 90 L	1.8	1435	12	4	0.81	80	6	2.2	2.8	2.8	6	0.0049	15.2
LS 100 L	2.2	1430	14.7	5.1	0.81	76	5.3	2	2.4	3.5	7	0.0039	18
LS 100 L	3	1425	20.1	7.2	0.76	77	5.2	2.2	2.6	5	7	0.0051	20.8
LS 112 M	4	1425	26.8	9.1	0.79	80	5.7	2.4	2.6	6.3	6	0.0062	24.4
LS 132 S	5.5	1430	36.7	11.9	0.82	82	6.4	2.3	2.6	8.2	6	0.0177	38.7
LS 132 M	7.5	1450	49.4	15.2	0.84	85	7.7	2.7	3.1	10.5	4	0.024	54.7
LS 132 M	9	1450	59.3	17.8	0.85	86	7.1	2.1	3	12.7	3	0.029	59.9
LS 160 MP	11	1455	72.2	21.1	0.85	88.5	7.7	2.8	3.4	14.6	6	0.039	70
LS 160 LR	15	1450	98.8	29.1	0.84	88.8	7.5	2.9	3.3	19.9	6	0.047	78
LS 180 MT	18.5	1450	121.9	35.4	0.84	89.7	7.4	2.9	3.3	24.6	1	0.085	100
LS 180 LR	22	1450	145	42.1	0.84	89.7	7.4	3.2	3.5	29.2	1	0.098	110
LS 200 LT	30	1460	196.3	55.0	0.87	90.5	6.6	2.7	2.6	38.1	2	0.151	170
LS 225 ST	37	1470	240.5	67.9	0.85	92.5	6.5	2.6	2.6	47.1	2	0.23	205
LS 225 MR	45	1470	292.5	81	0.86	92.8	6.5	2.8	2.6	56.4	2	0.28	235
LS 250 MP	55	1480	355	99	0.85	94.1	6.7	2.6	2.5	68.8	2	0.75	340
LS 280 SP	75	1480	484.2	134	0.85	94.8	6.9	2.6	2.7	93.1	3	1.28	445
LS 280 MP	90	1485	579	161	0.85	95.0	7.6	2.9	2.9	111.5	3	1.45	490
LS 315 SP	110	1488	706.3	193	0.86	95.5	7.8	2.9	2.8	133.9	3	2.74	720
LS 315 MR	132	1488	847.5	234	0.85	95.6	8.1	3.1	3.3	162.4	3	2.95	785
LS 315 MR	160	1488	1027.3	276	0.87	96.1	8.4	3.0	3.3	191.4	3	3.37	855

Extraits du catalogue Automatismes industriel de Télémécanique

A38

Généralités

Guides de choix des départs-moteurs

Démarrateurs directs avec disjoncteur Solution "2 produits" en coordination type 1



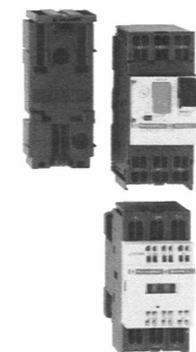
GV2 ME
+
LC1 K



GV3 ME
+
LC1 D



GV7 RE
+
LC1 D



GV2 ME003
+
LAD 34
+
LC1 D003

De 0,06 à 110 kW sous 400/415 V

Disjoncteurs-moteurs magnétothermiques :

- GV2 ME : voir page A321
- GV3 ME : voir page A322
- GV7 R : voir page A328.

Contacteurs :

- LC1 K : voir page A198
- LC1 D : voir page A214
- LC1 F : voir page A266.

Pour 2 sens de marche, dans le tableau ci-dessous, remplacer LC1 par LC2.

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3									disjoncteur		contacteur
400/415 V			440 V			500 V			référence (2)	domaine de réglage des déclencheurs thermiques A	référence
P kW	Ie A	Iq (1) kA	P kW	Ie A	Iq (1) kA	P kW	Ie A	Iq (1) kA			
0,06	0,22	50	0,06	0,19	50				GV2 ME02	0,16...0,25 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
0,09	0,36	50	0,09	0,28	50				GV2 ME03	0,25...0,40 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
			0,12	0,37	50						
0,12	0,42	50	0,18	0,55	50				GV2 ME04	0,40...0,63 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
0,18	0,6	50									
0,25	0,88	50	0,25	0,76	50				GV2 ME05	0,63...1 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
0,37	0,98	50	0,37	0,99	50						
0,55	1,5	50	0,55	1,36	50				GV2 ME06	1...1,6 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
						0,37	1	50			
						0,55	1,21	50			
						0,75	1,5	50	GV2 ME06	1...1,6 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
0,75	2	50	0,75	1,68	50	1,1	2	50	GV2 ME07	1,6...2,5 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
			1,1	2,37	50						
1,1	2,5	50	1,5	3,06	50	1,5	2,6	50	GV2 ME08	2,5...4 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
1,5	3,5	50				2,2	3,8	50			
2,2	5	50	2,2	4,42	50	3	5	50	GV2 ME10	4...6,3 (3)	LC1 K06 ou LC1 D09
			3	5,77	50						
3	6,5	50	4	7,9	15	4	6,5	10	GV2 ME14	6...10 (3)	LC1 K09 ou LC1 D09
4	8,4	50				5,5	9	10			
5,5	11	15	5,5	10,4	8	7,5	12	6	GV2 ME16	9...14 (3)	LC1 K12 ou LC1 D12
7,5	14,8	15	7,5	13,7	8	9	13,9	6	GV2 ME20	13...18 (3)	LC1 D18
			9	16,9	8						
9	18,1	15	11	20,1	6	11	18,4	4	GV2 ME21	17...23 (3)	LC1 D25
11	21	15				15	23	4	GV2 ME22	20...25 (3)	LC1 D25
15	28,5	10	15	26,5	6	18,5	28,5	4	GV2 ME32	24...32	LC1 D32
18,5	35	35	18,5	32,8	25	18,5	28,5	8	GV3 ME40	25...40	LC1 D38
			22	39	25	22	33	8	GV3 ME40	25...40	LC1 D40
22	42	35				30	45	8	GV3 ME63	40...63	LC1 D50
30	57	35	30	51,5	25	37	55	8	GV3 ME63	40...63	LC1 D65
			37	64	10	45	65	4	GV3 ME80	56...80	LC1 D65
			37	64	25	45	65	18	GV7 RE80	48...80	LC1 D65
37	69	15	45	76	10	55	80	4	GV3 ME80	56...80	LC1 D80
37	69	25	45	76	25	55	80	18	GV7 RE80	48...80	LC1 D80
45	81	25							GV7 RE100	60...100	LC1 D95
			50	90	25				GV7 RE100	60...100	LC1 D115
55	100	25				75	105	30	GV7 RE150	90...150	LC1 D115
75	135	35	75	125	35	90	129	30	GV7 RE150	90...150	LC1 D150
			90	146	35				GV7 RE150	90...150	LC1 F185
90	165	35				110	156	30	GV7 RE220	132...220	LC1 F185
			110	178	35	132	187	30	GV7 RE220	132...220	LC1 F265
			132	215	35	160	220	30			
110	200	35							GV7 RE220	132...220	LC1 F225

(1) La performance de coupure des disjoncteurs GV2 ME peut être augmentée par un additif limiteur GV1 L3, voir page A326.

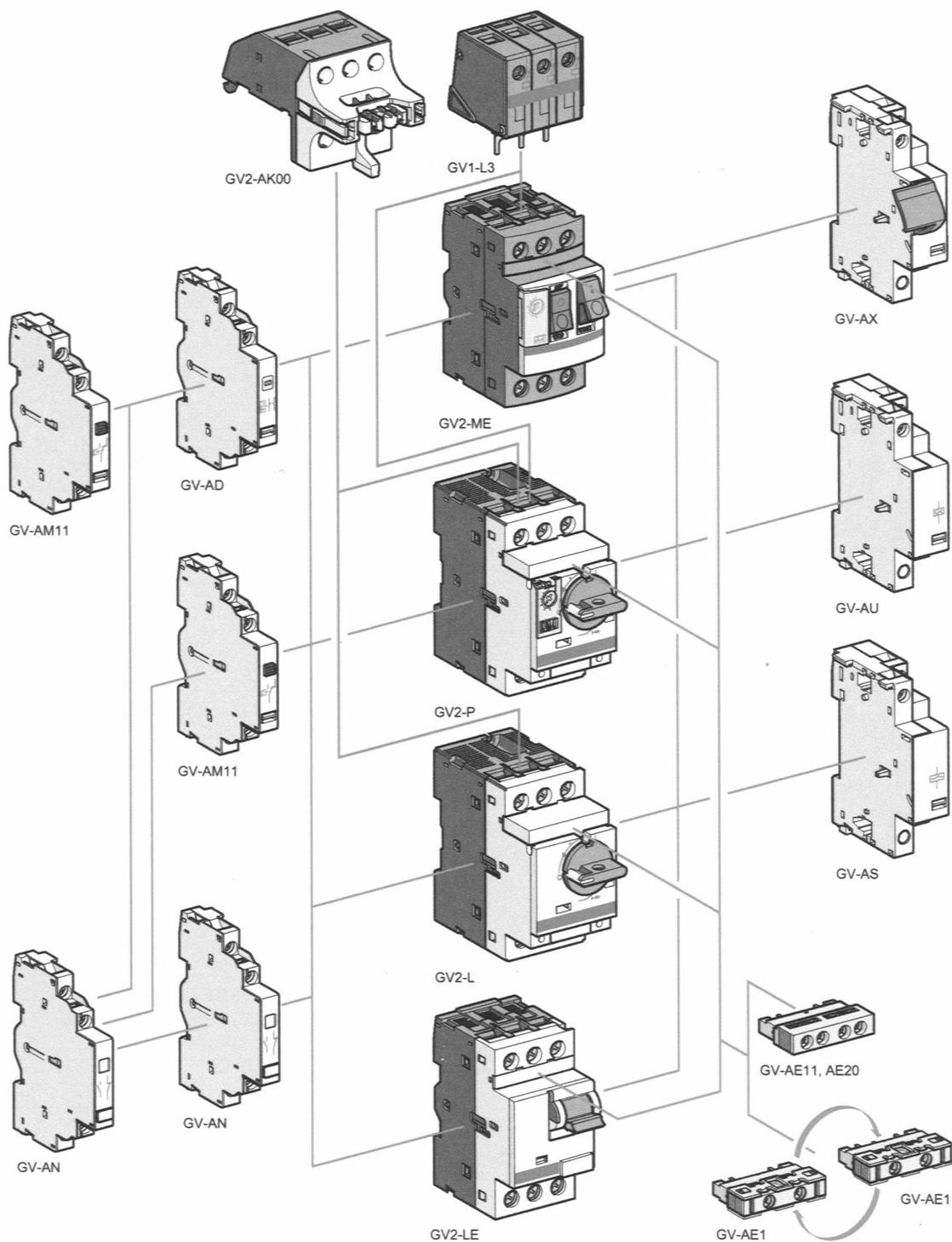
(2) Pour 2 sens de marche, remplacer LC1 par LC2.

(3) GV2 ME003 coordination type 2 pour 400/415 V et 440 V.

Disjoncteurs-moteurs modèle GV2

Adjonctions

Références



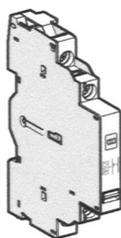
Disjoncteurs-moteurs modèle GV2

Adjonctions

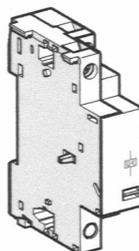
Références



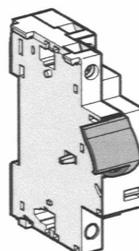
GV AE1



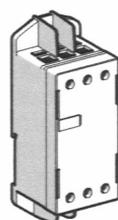
GV AD



GV AU



GV AX



LA9 LB920

Blocs de contacts

désignation	montage	nombre maxi	type de contacts	Q. indiv.	référence unitaire bornes	ressort
contacts auxiliaires instantanés	frontal (1)	1	"F" ou "O" (2)	10	GV AE1 (3)	
			"F + O"	10	GV AE11 (3)	GV AE113
			"F + F"	10	GV AE20 (3)	GV AE203
contact de signalisation de défauts + contact auxiliaire instantané	latéral à gauche	2	"F + O"	1	GV AN11 (3)	GV AN113
			"F + F"	1	GV AN20 (3)	GV AN203
contact de signalisation de défauts + contact auxiliaire instantané	latéral à gauche	1	"F" + "F"	1	GV AD1010	
			(défaut) + "O"	1	GV AD1001	
			"O" + "F"	1	GV AD0110	
contact de signalisation de court-circuit	latéral à gauche	1	"OF" à point commun	1	GV AD0101	

- (1) Montage d'un bloc GV AE ou de l'additif sectionneur GV2 AK00 sur GV2 P et GV2 L.
 (2) Additif réversible, choix du contact "O" ou "F" selon le sens de montage.
 (3) Fourniture sous emballage collectif, voir annexes techniques.
 (4) Le GV AD se monte toujours accolé au disjoncteur.

Déclencheurs électriques

montage	tension	fréquence	référence	
à minimum de tension ou à émission de tension (1)	latéral (1 bloc à droite du disjoncteur)	24 V	50 Hz 60 Hz	GV Aa025 GV Aa026
		48 V	50 Hz 60 Hz	GV Aa055 GV Aa056
à minimum de tension INRS (montage uniquement sur GV2 ME)	100 V	50 Hz	GV Aa107	
	100...110 V	60 Hz	GV Aa107	
	110...115 V	50 Hz	GV Aa115	
		60 Hz	GV Aa116	
	120...127 V	50 Hz	GV Aa125	
	127 V	60 Hz	GV Aa115	
	200 V	50 Hz	GV Aa207	
	200 V...220 V	60 Hz	GV Aa207	
	220 V...240 V	50 Hz	GV Aa225	
		60 Hz	GV Aa226	
	380 V...400 V	50 Hz	GV Aa385	
		60 Hz	GV Aa386	
	415 V...440 V	50 Hz	GV Aa415	
	415 V	60 Hz	GV Aa416	
	440 V	60 Hz	GV Aa385	
	480 V	60 Hz	GV Aa415	
500 V	50 Hz	GV Aa505		
600 V	60 Hz	GV Aa505		

- (1) Déclencheurs à minimum de tension : remplacer le point par U, exemple : GV AU025. Déclencheurs à émission de tension : remplacer le point par S, exemple : GV AS025.

à minimum de tension INRS (montage uniquement sur GV2 ME)
 dispositif de sécurité pour machines dangereuses selon INRS et VDE 0113

montage	tension	fréquence	référence
latéral (1 bloc à droite du disjoncteur GV2 ME)	110...115 V	50 Hz	GV AX115
		60 Hz	GV AX116
	127 V	60 Hz	GV AX115
		50 Hz	GV AX225
	220...240 V	60 Hz	GV AX226
		50 Hz	GV AX385
	380...400 V	60 Hz	GV AX386
		50 Hz	GV AX415
	415...440 V	50 Hz	GV AX415
	440 V	60 Hz	GV AX385

Blocs additifs

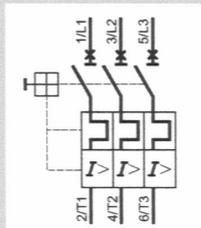
désignation	montage	nombre maxi	référence
sectionneur (1)	frontal (2)	1	GV2 AK00
limiteurs	à la partie supérieure (GV2 ME et GV2 P)	1	GV1 L3
	séparé	1	LA9 LB920

- (1) Sectionnement des 3 pôles en amont du disjoncteur GV2 P et GV2 L.
 (2) Montage d'un bloc GV AE ou de l'additif sectionneur GV2 AK00 sur GV2 P et GV2 L.

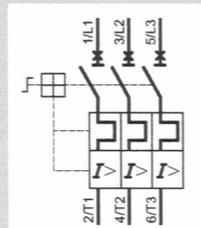
Disjoncteurs-moteurs modèles GV2 ME, GV2 P, GV2 RT, GV2 L et GV2 LE

Schémas

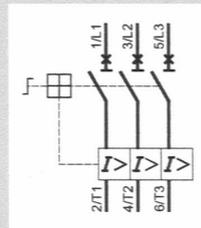
GV2 ME** et GV2 RT



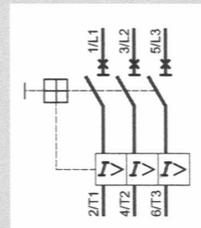
GV2 P**



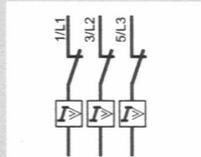
GV2 L**



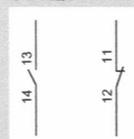
GV2 LE**



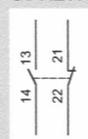
Additif limiteur GV1 L3



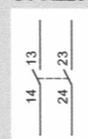
Blocs additifs frontaux
Contacts auxiliaires instantanés
GV AE1



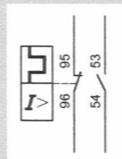
GV AE11



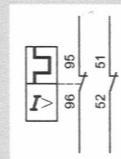
GV AE20



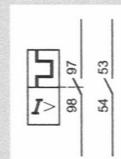
Blocs additifs latéraux
Contacts auxiliaires instantanés et contacts de signalisation de défauts
GV AD0110



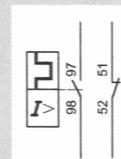
GV AD0101



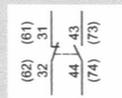
GV AD1010



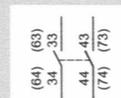
GV AD1001



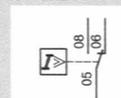
Contacts auxiliaires instantanés
GV AN11



GV AN20



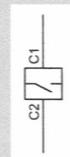
Contacts de signalisation de court-circuit
GV AM11



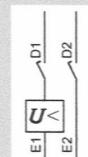
Déclencheurs de tension
GV AU***



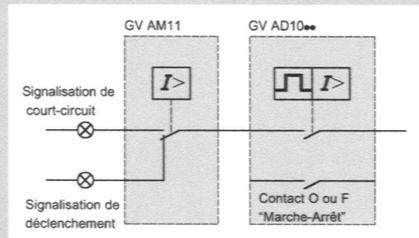
GV AS***



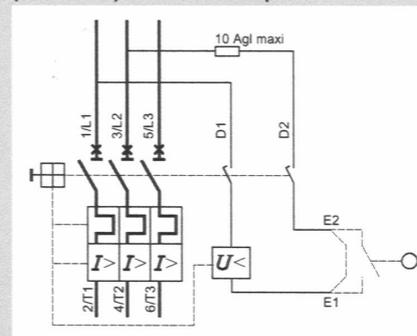
GV AX***



Utilisation du contact de signalisation
de défauts et du contact de signalisation
de court-circuit



Branchement du déclencheur à minimum
de tension pour machines dangereuses
(selon INRS) sur GV2 ME uniquement



Caractéristiques : pages A339 à A345
Références : pages A320 à A325
Schémas : pages A351 et A352