



OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N° 7 ENTERTIEN ET DEPANNAGE DES
MOTEURS ELECTRIQUES**

SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE

SPECIALITE : TECHNICIEN EN MAINTENANCE HOTELIERE

NIVEAU : TECHNICIEN

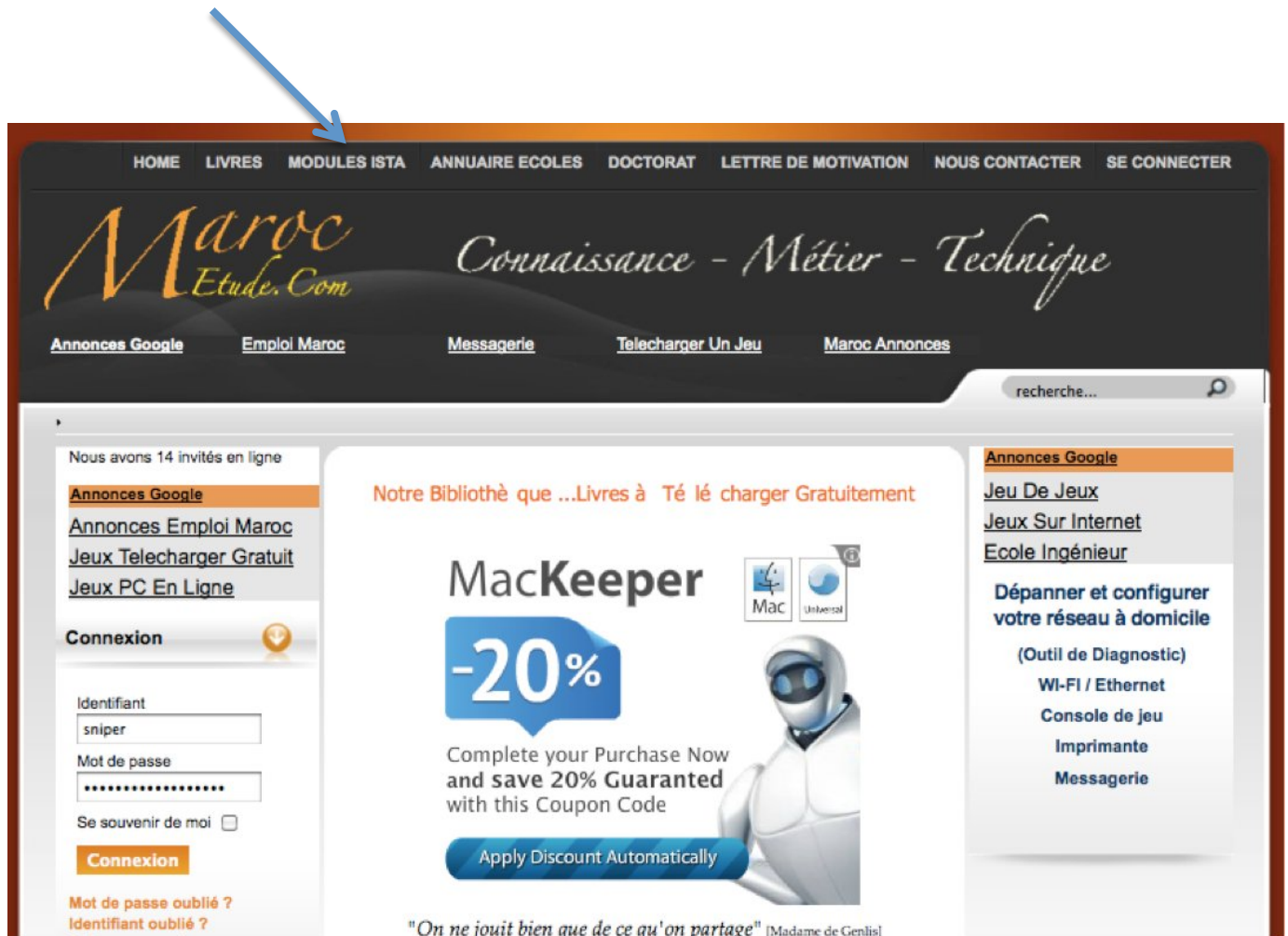
JUIN 2006

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



Remerciements

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module de formation.

Pour la supervision :

GHRAIRI RACHID : Directeur du CDC FGT- GE
BOUJNANE MOHAMED : Chef de pôle du C D C FGT

Pour l'élaboration :

Mr. Elbyar Abdelaziz C D C FGT DRGC

Pour la validation :

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.

Monsieur Said SLAOUI
DRIF

SOMMAIRE

	page
Présentation du module	2
I Démarrage des moteurs monophasés	4
Démarrage par Self.....	4
Démarrage par capacité.....	6
Inversion du sens de rotation.....	7
Couplage des moteurs monophasés permettant le fonctionnement sous deux tensions.....	8
Fonctionnement avec relais type MA.....	13
Fonctionnement avec condensateur en permanence sous tension.....	15
Démarrage et protection automatique pur moteur monophasé à enroulement fortement résistant	18
démarrage par relais magnétique.....	
démarrage par relais thermique.....	
les condensateurs.....	
II Démarrage des moteurs asynchrones triphasés	21
Description	
Les démarrages des moteurs triphasés	23
-Démarrage direct	
-principe de démarrage étoile /triangle.....	30
Démarrage par élimination de résistances(en trois temps).....	41
Démarrage par auto transformateur	47
III Entretien et dépannage des moteurs alternatifs	58
Entretien	58
Dépannage :	
- types de défaillance	
- préparation de l'intervention	
- analyse de l'état de l'équipement	
- diagnostic	
- démontage et remontage d'un moteur	66
- réparation et remplacement d'un composant	67
- vérification du fonctionnement de l'équipement après dépannage	68
III Guide de travaux pratiques	69
TP1 démontage et révision d'un moteur asynchrone.....	70
TP2 démarrage d'un moteur asynchrone monophasé à phase auxiliaire	71
TP3 démarrage d'un moteur asynchrone monophasé à plusieurs vitesses.....	73..
TP4 démarrage d'un moteur asynchrone monophasé à capacité de démarrage et inversion de sens de marche.....	76
TP5 démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé	78
TP6 démarrage semi automatique –deux sens de rotation.....	82
TP7 démarrage par élimination de résistances	85
TP8 démarrage par auto transformateur	89
TP9 diagnostic de panne d'un moteur	92
Liste bibliographique	93

Module N° 7: ENTRETIEN ET DÉPANNAGE DES MOTEURS ELECTRIQUES

Durée:160 heures

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

*Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit **entretenir et dépanner des moteurs électriques** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent*

CONDITIONS D'ÉVALUATION

À partir :

- *de directives ;*
- *du schéma d'un dispositif de commande ;*
- *d'un problème de fonctionnement provoqué.*

À l'aide :

- *des manuels techniques ;*
- *des outils et des instruments ;*
- *d'un moteur électrique.*

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

Respect des règles de santé et de sécurité au travail.

Respect des normes en vigueur.

Utilisation appropriée des outils et des instruments.

Respect des techniques de travail.

Équipement fonctionnel et sécuritaire.

(à suivre)

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE PREMIER NIVEAU	
DE COMPORTEMENT (suite)	
<u>PRECISION SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU</u>	<u>CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE</u>
A- Entretenir et diagnostiquer un moteur électrique.	- Localisation exacte de la panne. - Détermination exacte de l'origine de la panne. - Remise en bon état de fonctionnement.
B- Assurer les différents types de démarrage des moteurs monophasés.	- Utilisation des éléments suivants : *Condensateurs ; *Relais d'intensité ; *Relais de tension.
C- Assurer la protection et le démarrage des moteurs électriques triphasés « type alternatif ».	- Démarrages des moteurs asynchrones triphasés et des génératrices.
D-.Ranger et nettoyer.	- Rangement approprié et propreté des lieux.
E-.Consigner les interventions.	- Concision et pertinence des informations présentées.

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

Le stagiaire doit maîtriser les savoir, savoir-faire savoir percevoir ou savoir être juger préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif de premier niveau tels que :

Avant d'apprendre à faire un diagnostic (A) :

1. Analyser un circuit à courant continu
2. Analyser un circuit à courant alternatif
3. Analyser des circuits à semi-conducteurs.
4. Distinguer les sources de problèmes dans un dispositif de commande de moteur ou de génératrice.
5. (loi d'Ohm) Connaître les caractéristiques aux sorties de chaque section d'un dispositif de commande à C.A
6. Décrire la Méthode de vérification du dispositif d'entraînement des machines rotatives.
7. Maîtriser l'utilisation des instruments de mesure et de contrôle.

Avant d'apprendre à assurer les différents types de démarrage des moteurs monophasés (B) :

8. Décrire le fonctionnement des différents types de démarrage des moteurs . monophasés.

Avant d'apprendre à assurer la protection et le démarrage des moteurs électriques triphasés -C) :

9. Décrire le fonctionnement de différents types de démarrage des moteurs triphasés (direct, étoile, triangle, par élimination des résistances statoriques, par élimination des résistances rotoriques, par autotransformateur).

Avant d'apprendre à ranger et nettoyer (D) :

10. Développer une méthode de rangement efficace et sécuritaire.

Avant d'apprendre à consigner les interventions (E) :

11. Utiliser la terminologie appropriée.
12. Utiliser un micro-ordinateur pour produire des documents techniques.

PRESENTATION DU MODULE

Ce module de compétence particulière est enseigné à partir du deuxième semestre de la première année de formation. C'est le module traitant des machines, le démarrage des moteurs électriques, la technique de leur entretien et le dépannage.

Ce module vient juste après le module 6 «Electricité de base -L'objectif du présent module est de faire acquérir les connaissances relatives aux divers types de moteurs à courant alternatif, à l'interprétation des dispositifs de commande, au diagnostic de pannes ; ainsi qu'au remplacement de composants défectueux. Il vise à rendre le stagiaire apte à entretenir et à dépanner des moteurs à courant alternatif et leurs dispositifs de commande.

Le présent module d'une durée globale de 160 h (60% théorie et 40% de pratique)est scindé en quatre parties :

Partie I : traite les différents types de démarrage de moteurs électriques monophasés

Partie II : traite les différents types de démarrage des moteurs électrique triphasés

Partie III : illustre la méthodologie d'entretien et de dépannage des moteurs alternatifs

Partie IV : propose un guide de travaux pratiques permettant de mettre en pratique toute les notions théoriques acquises dans les parties I- II et III .

Ainsi, le formateur sera en mesure de développer telle ou telle partie de ce module selon ses expériences personnelles.

N.B : champs d'application de la compétence :

- Domaine du Génie climatique
- Domaine du génie électrique.

Module N° 7 : ENTERTIEN ET DEPANNAGE DES MOTEURS ELECTRIQUES

RESUME THEORIQUE

Durée Globale : 96 h

I- Démarrage des moteurs asynchrones monophasés

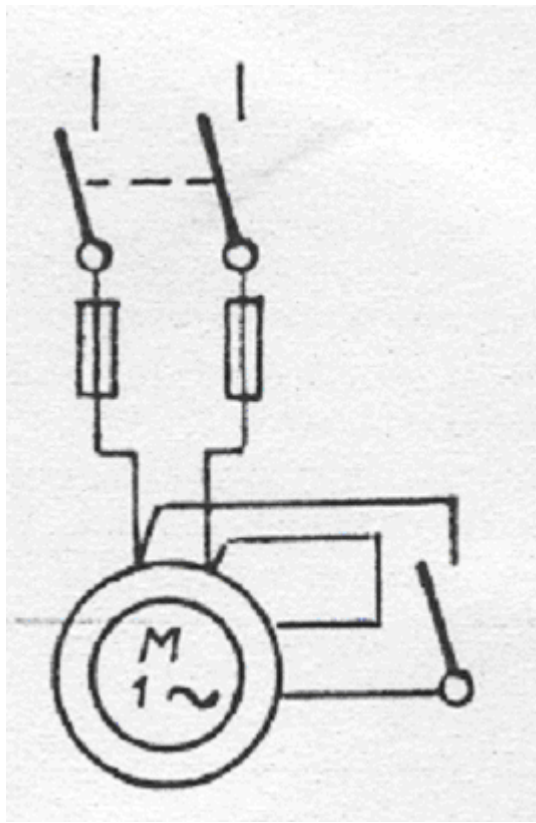
GENERALITES :

Le moteur asynchrone monophasé ne démarre pas seul. Il faut donc arriver à ce résultat provoquer un déséquilibre dans le champ, soit en lançant le moteur à la main soit à l'aide d'une phase auxiliaire.

Dans ce dernier cas, le courant passant dans la phase auxiliaire devra être déphasé par rapport au courant principal. Ce déphasage est obtenu en montant en série avec la phase auxiliaire une self ou une capacité.

1 DEMARRAGE PAR SELF

- A. Petits moteurs monophasés n'ayant à produire qu'un couple de démarrage très faible.



L'enroulement de la phase auxiliaire est constitué par fil très fin, donc très résistant.
Le déphasage obtenu entre le courant de la phase principale et celui de la phase auxiliaire est suffisant pour permettre le démarrage.

B. Emploi d'une self et d'une résistance.

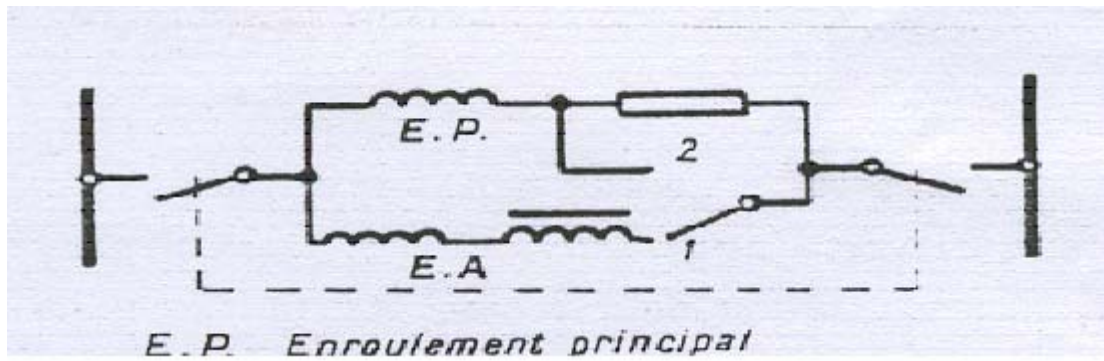
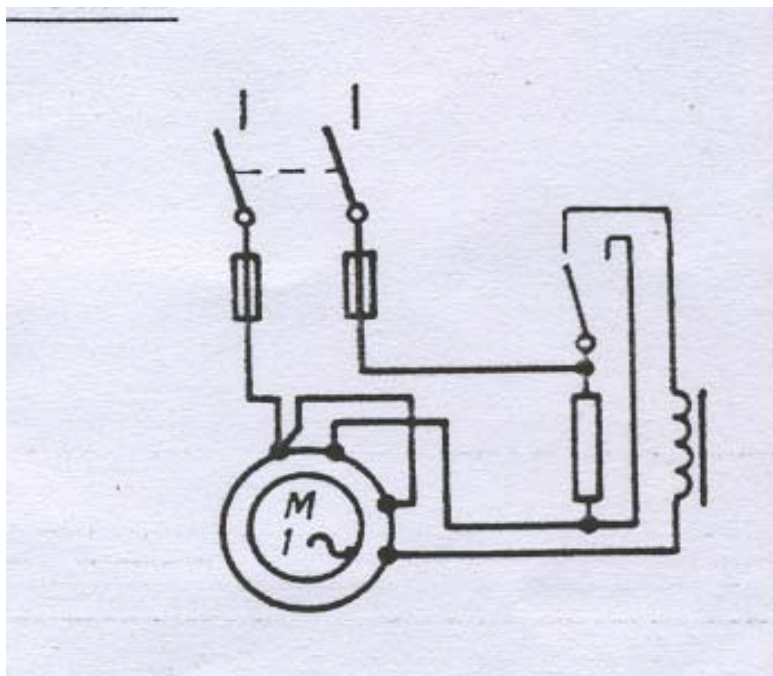
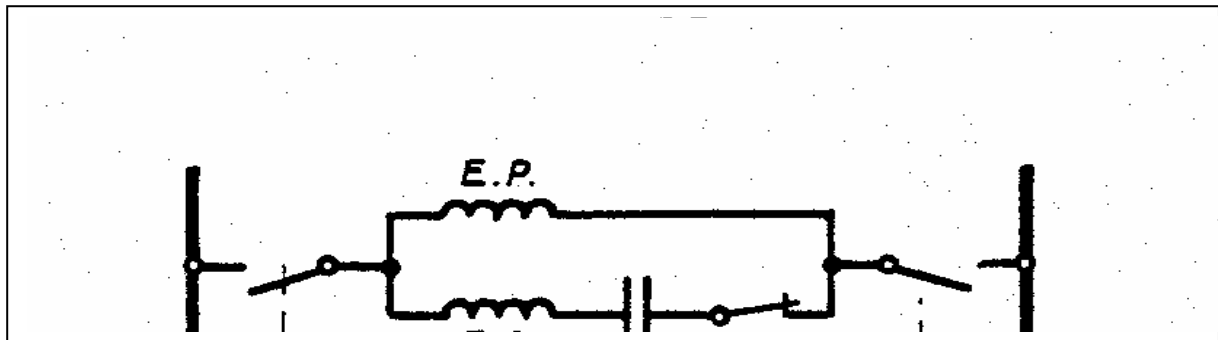


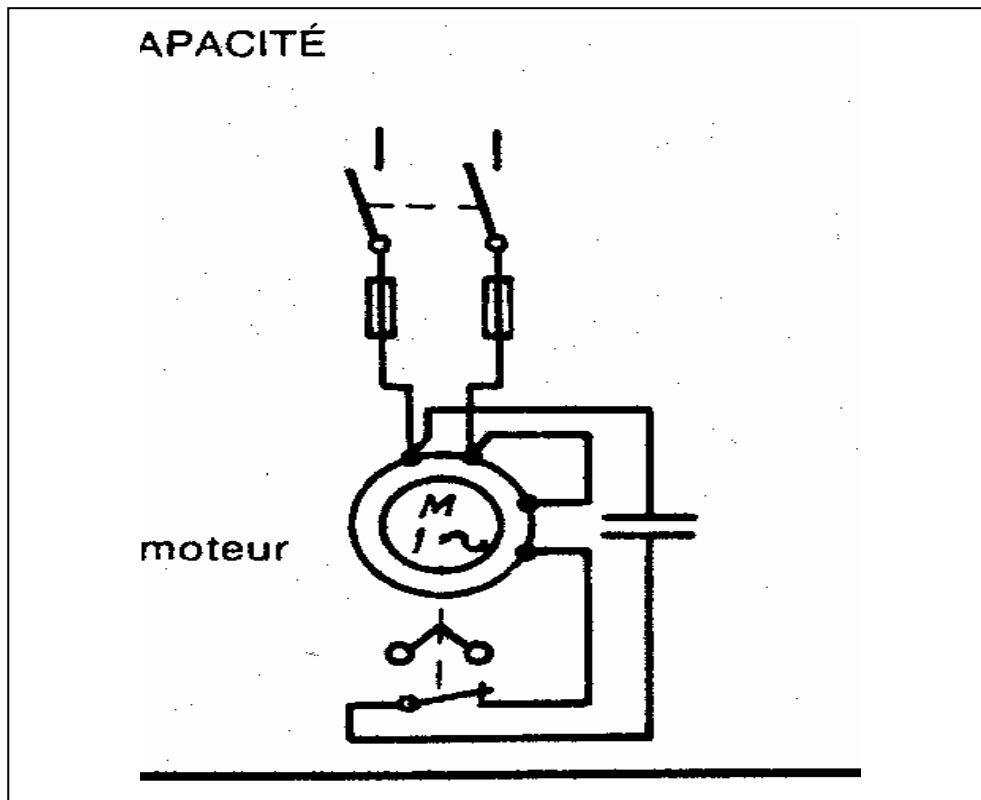
Schéma 3



2-DEMARRAGE PAR CAPACITE



C : contact s'ouvrant dès que la vitesse du moteur atteint une certaine valeur.

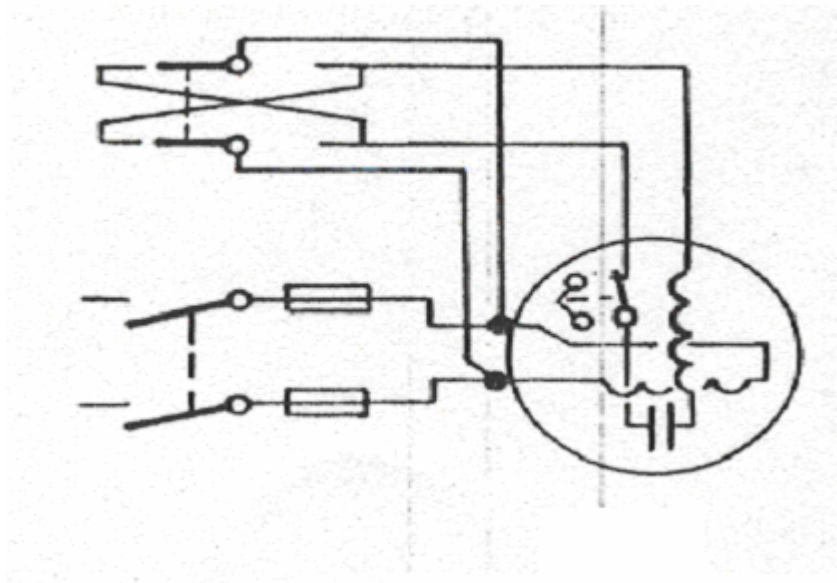


Remarque : le condensateur peut se trouver à l'intérieur ou à l'extérieur du moteur. Lorsqu'il se trouve à l'intérieur, la représentation schématique peut être comme ci-contre.

3-INVERSION DU SENS DE ROTATION

On inverse le courant dans une phase, la phase auxiliaire par exemple.

Schéma 7

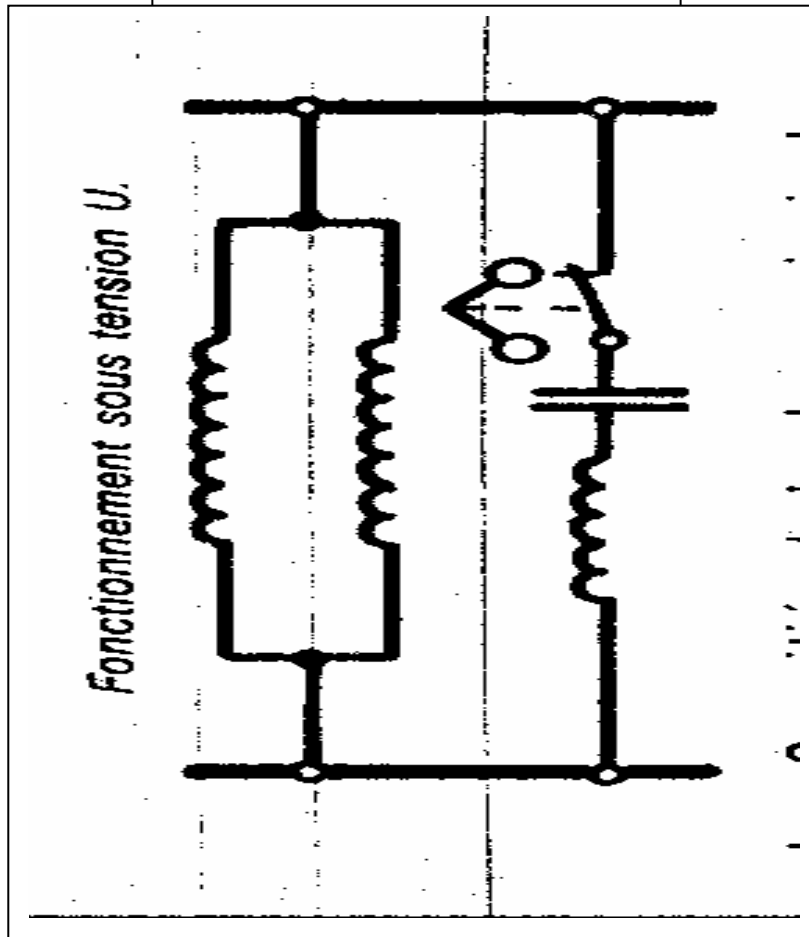


Exemple : Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone monophasé à démarrage par capacité.

4-COUPLAGES DES MOTEURS MONOPHASES PERMETTANT LE FONCTIONNEMENT SOUS 2 TENSIONS U ET $2U$

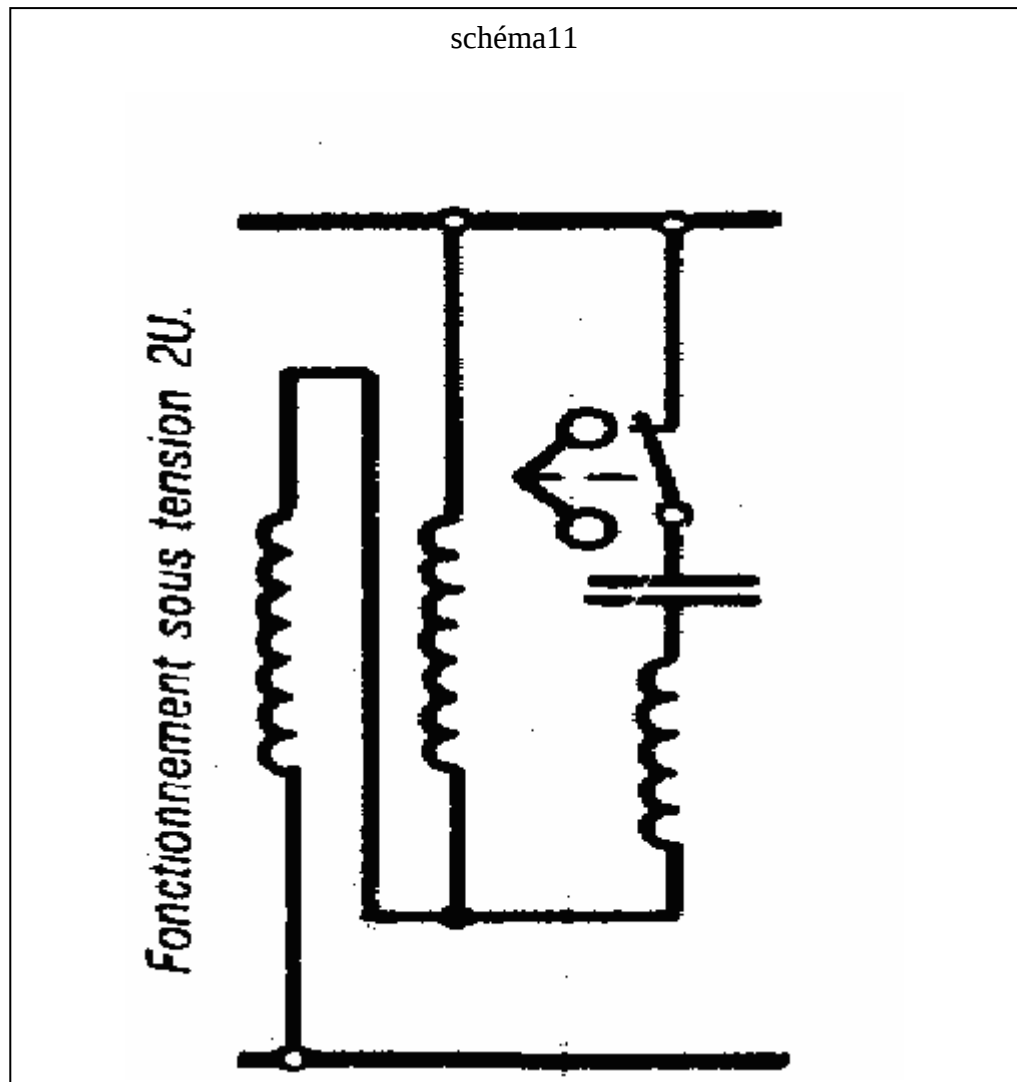
Les moteurs monophasés sont surtout utilisés dans les appareils électroménagers.
En général ils peuvent fonctionner sous 2 tensions et avec 2 sens de rotations.

Fonctionnement sous tension U



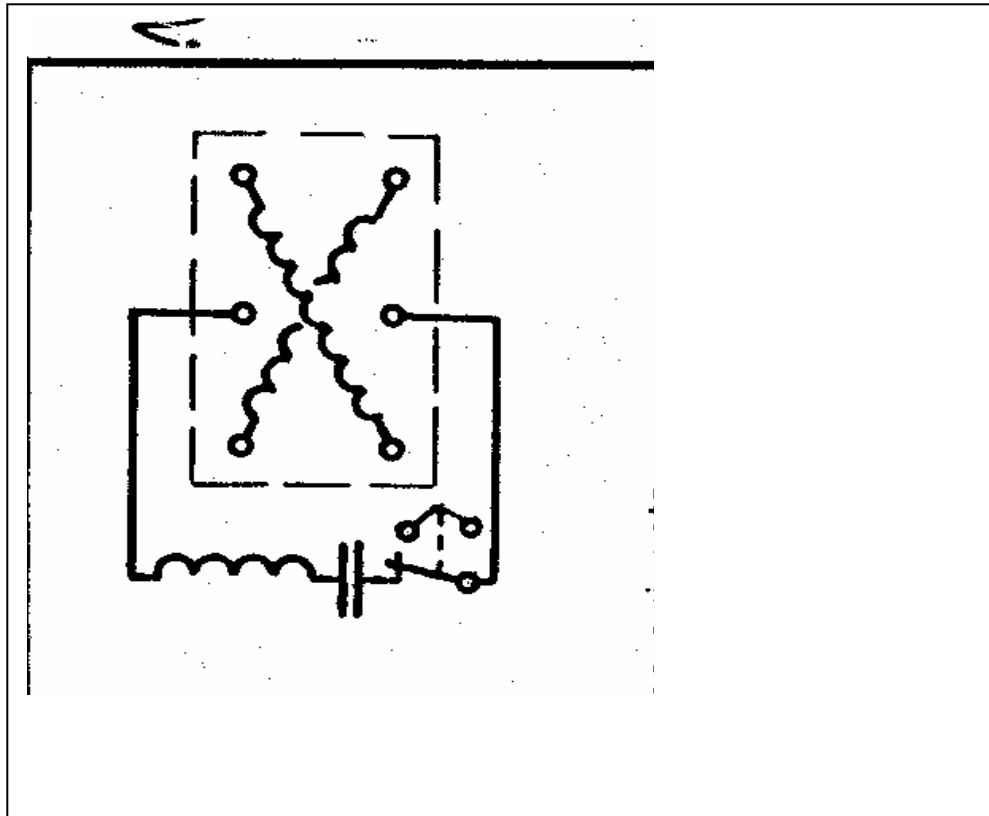
Les 2 moitiés de la phase principale sont
Montées en parallèle ainsi que la phase auxiliaire.

Fonctionnement sous tension $2 U$

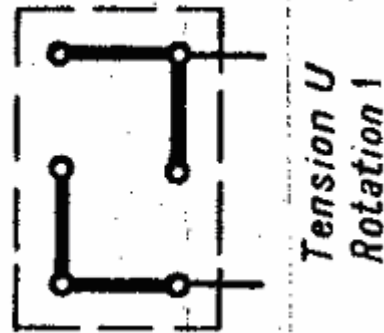


*Les 2 moitiés de la phase principale Sont
Montées en série. La phase auxiliaire
Fonctionne toujours sous tension U .*

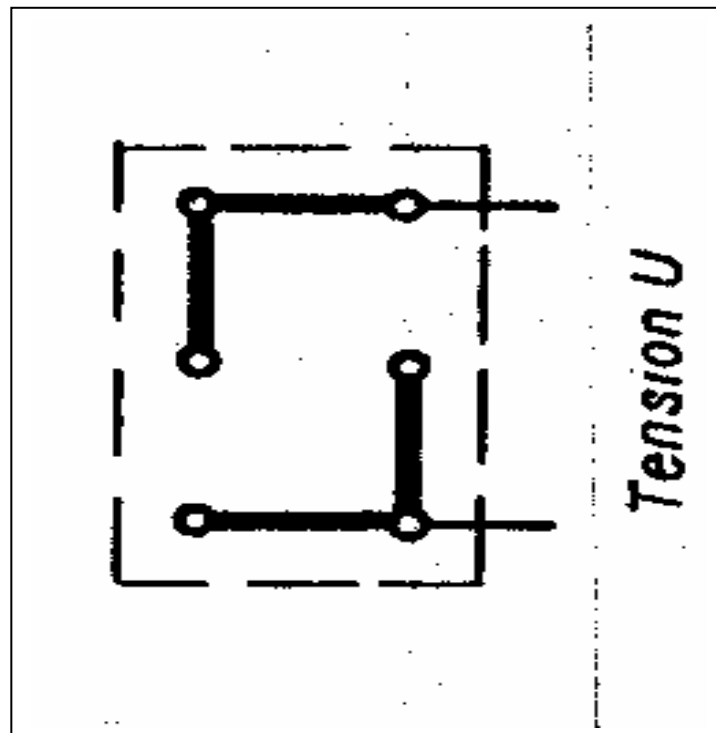
Les 6 fils de sortie (4 pour la phase principale ,2 pour la phase auxiliaire) sont
Parfois réunis à une plaque à bornes comme ci-contre.



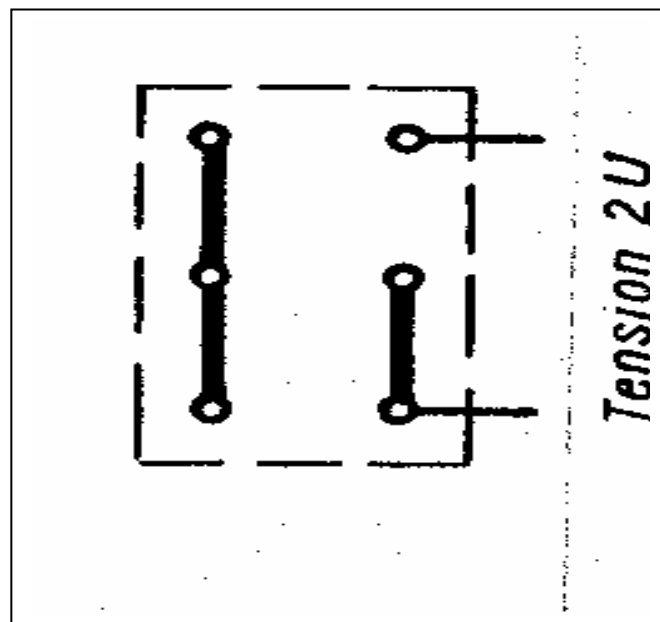
Les différents couplages sont alors les suivants



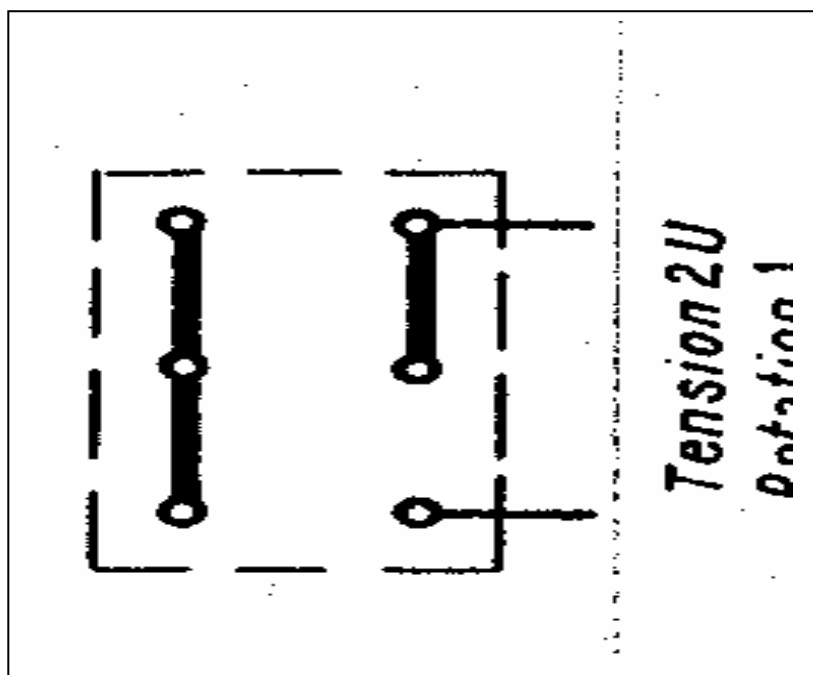
Tension U
Rotation 1



Tension U 2
Rotation2



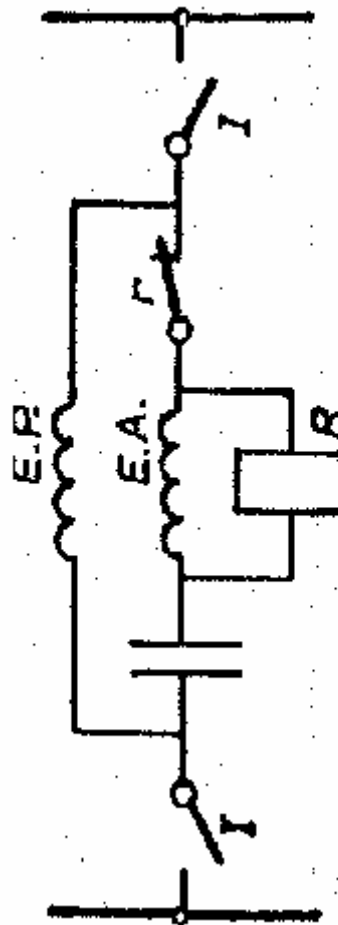
Tension 2U
Rotation 1



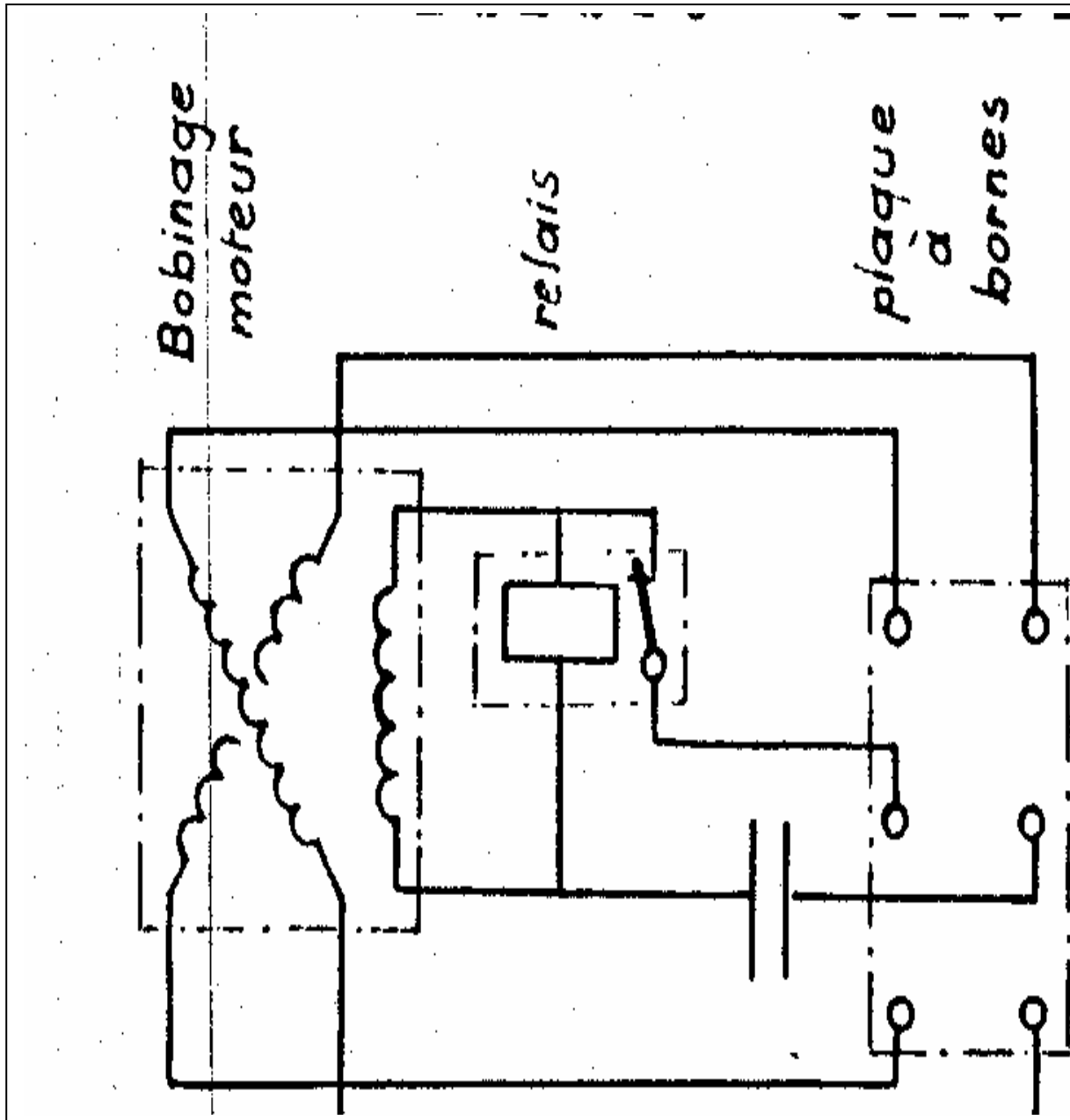
Tension 2U
Rotation 2

5-- FONCTIONNEMENT AVEC RELAIS TYPE MA (BREVET LEROY-SOMER)

Le contact à force centrifuge est supprimé.
Le fonctionnement du relais R est le suivant,



Au démarrage le contact r du relais est fermé. La f.c.e.m. aux bornes de l'enroulement auxiliaire (E.A.) est nulle. La presque totalité du courant qui traverse la capacité parcourt également l'enroulement auxiliaire (impédance de la bobine du relais très grande).



La vitesse augmentant, la f.c.e.m. due au champ tournant augmente aux bornes de l'enroulement auxiliaire et atteint la valeur de fonctionnement du relais. Le contact r s'ouvre et reste ouvert tant que le moteur reste alimenté.

Ci-contre raccordement à la plaque à bornes. Relais et condensateur sont sur le moteur. Les différents couplages pour tension U et $2U$ et rotation 1 et 2 sont les mêmes.

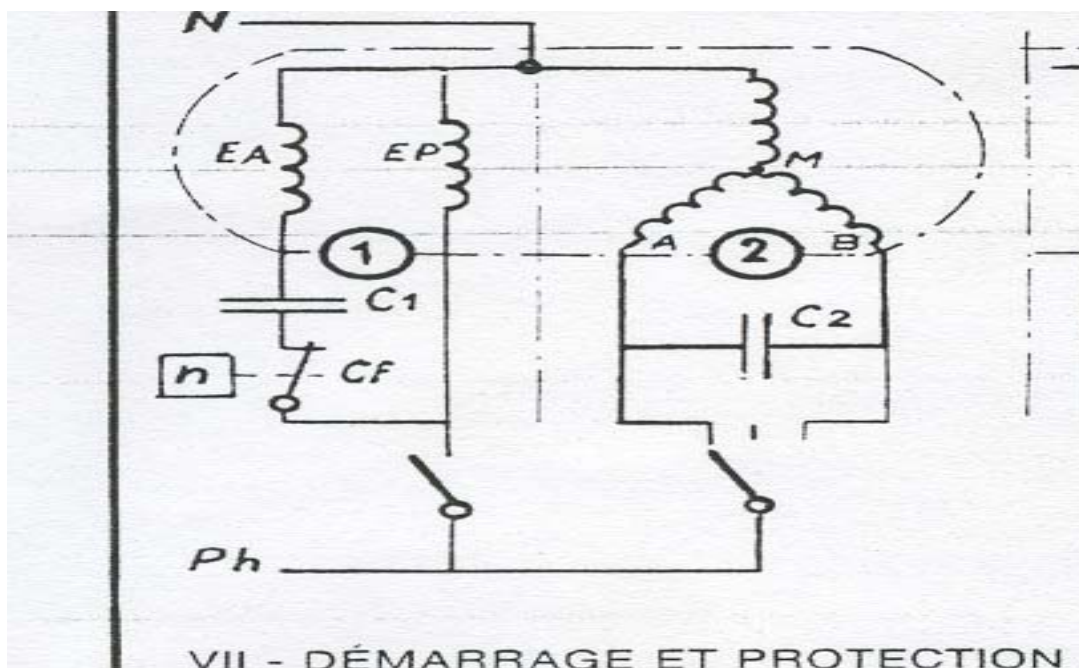
6- FONCTIONNEMENT AVEC CONDENSATEUR PERMANENT

L'enroulement auxiliaire et son condensateur en série restent sous tension quand le moteur tourne.

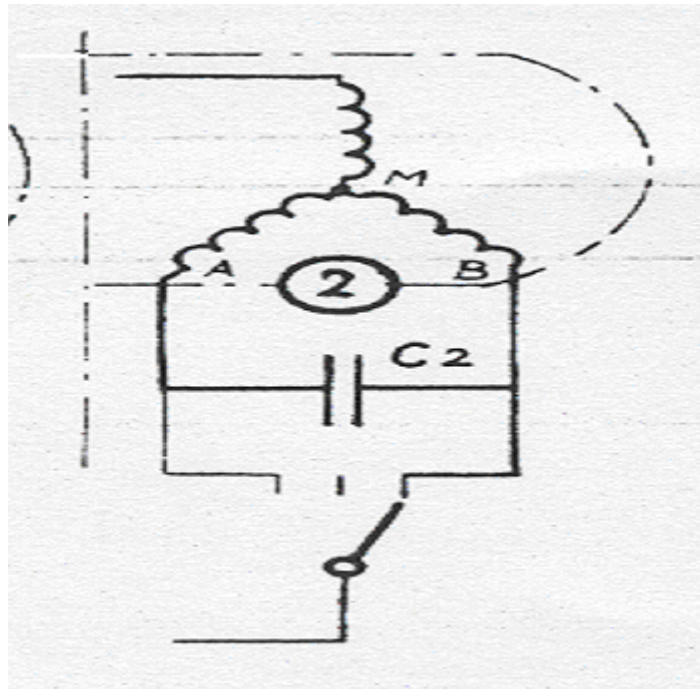
Dans ce cas bien que la valeur de sa capacité reste identique, Le condensateur doit être prévu pour supporter en permanence l'intensité qui le traverse.

Exemple : moteur à 2 vitesses.

Petite vitesse : condensateur en permanence sous tension : 2 sens de rotation.



Grand vitesse : circuit condensateur coupé par contact à force centrifuge CF.



Le moteur possède 2 enroulements différents.

1. Partie grande vitesse.

EP : enroulement principal.

EA : enroulement auxiliaire.

2. Partie petite vitesse

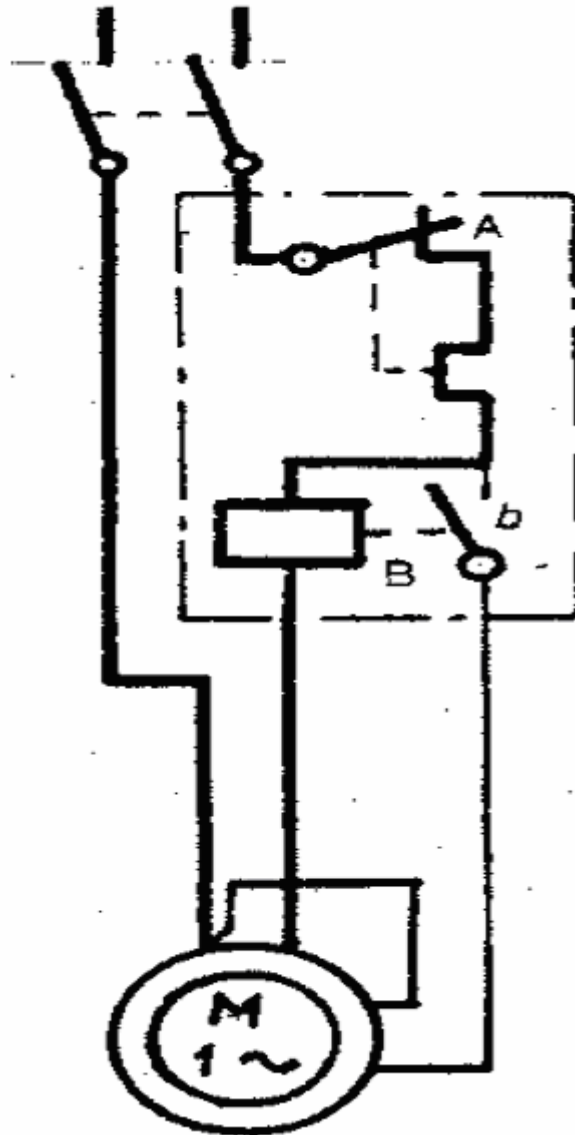
Figure de gauche. Commutateur position rotation 1.

MB sert de phase auxiliaire figure de droite, commutateur position rotation 2.

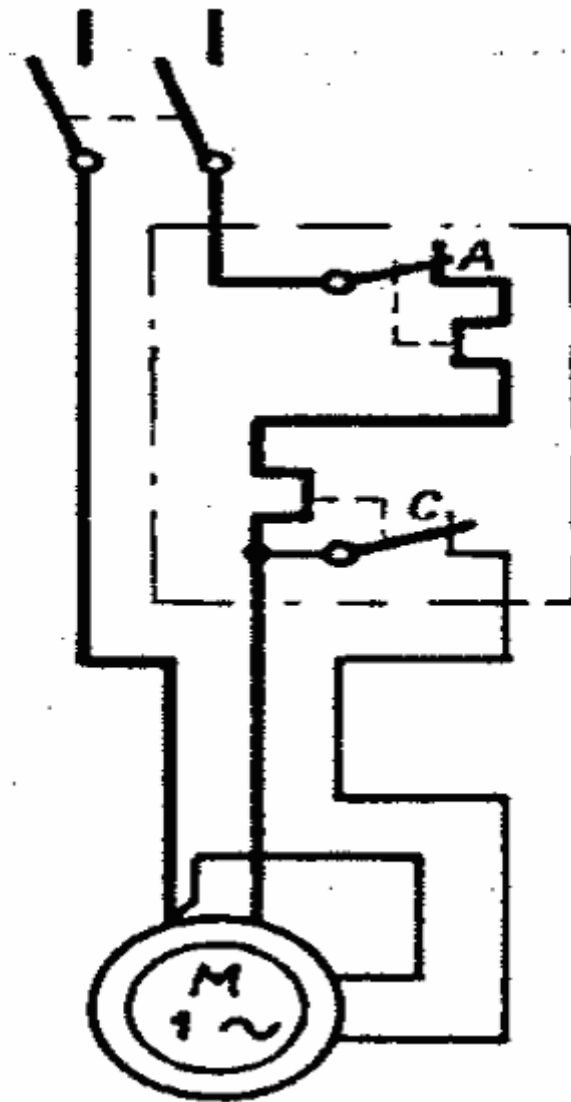
MA sert de phase auxiliaire les 2 enroulement GV et PV ne doivent pas pouvoir être mis sous tension en même temps.

7- DEMARRAGE ET PROTECTION AUTOMATIQUE POUR MOTEUR MONOPHASE A ENROULEMENT FORTEMENT RESISTANT.

Démarrage par relais magnétique :

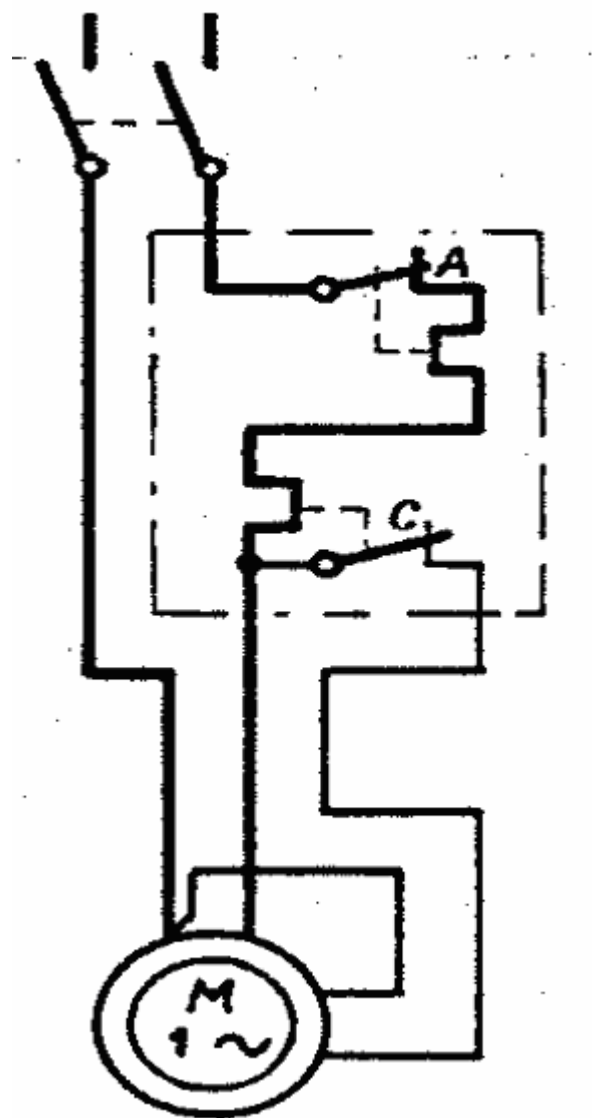


Dès la mise sous tension La bobine B est parcourue par un courant important et le contact b se ferme.
Quand le moteur est lancé l'intensité diminue et B s'ouvre. La protection est assurée par A.



Démarrage par relais thermique.

Le bilame C ouvre le contact du même nom un certain temps après la mise sous tension.
La protection est assurée par le bilame et le contact A.



8-LES CONDENSATEURS

Pour démarrer un moteur monophasé à phase auxiliaire, il est nécessaire de créer une seconde phase. On utilise principalement un condensateur branché en série avec la phase auxiliaire de sorte à obtenir le déphasage et donc le couple de démarrage désiré (rappelons que le couple de démarrage du moteur doit obligatoirement être supérieur au couple résistant de la machine entraînée). Dés à présent, rappelons –nous que si le condenseur est mal dimensionné (trop petit ou trop grand), le déphasage obtenu risque de ne plus permettre le démarrage du moteur (le moteur « cale »).

Sur nos matériels nous risquons de rencontrer 2 types de condensateurs :

- *Les condensateurs de marche (au papier) ont une faible capacité (rarement plus d'une trentaine de μF) et des dimensions importantes. Ils sont conçus pour rester sous tension en permanence sans aucun échauffement excessif.*
- *Les condensateurs de démarrage (électrolytiques) possèdent au contraire une importante capacité (pouvant dépasser 100 μF) bien qu'ils aient des dimensions plutôt faibles. Ils ne doivent absolument pas rester sous tension sinon ils s'échauffent très rapidement et risquent d'exploser. On considère généralement que la mise sous tension ne doit pas dépasser **5 secondes** et que **20 démarrages à l'heure** représentent un maximum tolérable.*

Les dimensions du condensateur dépendent pour une part de la valeur de sa capacité (plus la capacité est importante et plus le condensateur est gros). Cette capacité est indiquée en microfarad (μF) avec la tolérance de fabrication, par exemple : $15\mu\text{F} \pm 10\%$ (capacité comprise entre 13,5 et 16,5 μF).

Les dimensions dépendent aussi de la valeur de la tension indiqué sur le condensateur (plus cette tension est élevée, plus le condensateur est gros). A cet effet, il n'est pas inutile de rappeler que la tension indiquée par le constructeur représente la tension maximum que le condensateur peut supporter à ces bornes sans risquer d'être détérioré. Ainsi, s'il est gravé $20\mu\text{F}/360\text{V}$, le condensateur peut être utilisé sans problème sous une tension d'alimentation de 220V mais il devra en aucun cas être raccordé sur un réseau 380V.

II - Démarrages et fonctionnement des moteurs asynchrones triphasés

1- description

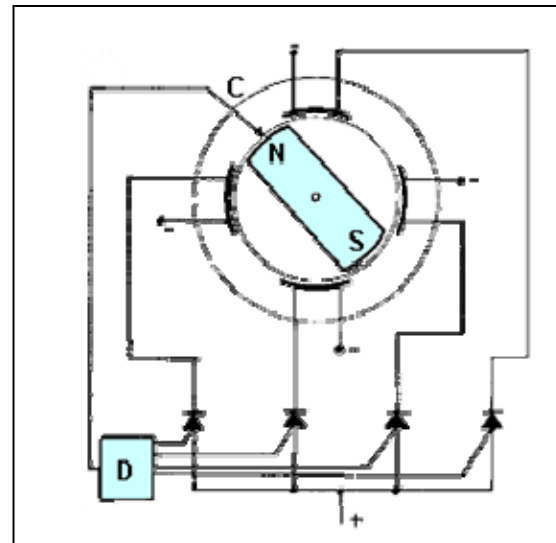


Le moteur asynchrone triphasé est constitué de 2 parties.

- ***Le stator.*** Il support les bobines inductrices au nombre de 3 ou multiple de 3 qui créent le champ tournant.
- ***Le rotor.*** Il supporte un bobinage qui peut être :
 - *constitué de barres non isolées en général en aluminium, réunies entre elles pour former une cage. d'où le nom de rotor en court-circuit ou moteur à cage.*
 - *Constitué par un bobinage isolé raccordé à des résistances (dans la plupart des cas situées en dehors du moteur) par un contact glissant bague balai.*



Champ tournant :



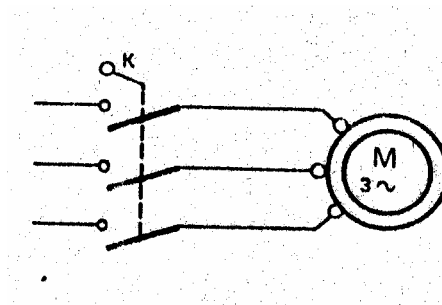
2- Différents types de démarrage des moteurs triphasés

2.1 Démarrage direct

C'est le procédé de démarrage la plus simple qui ne peut être exécuté qu'avec le moteur asynchrone à rotor à cage.

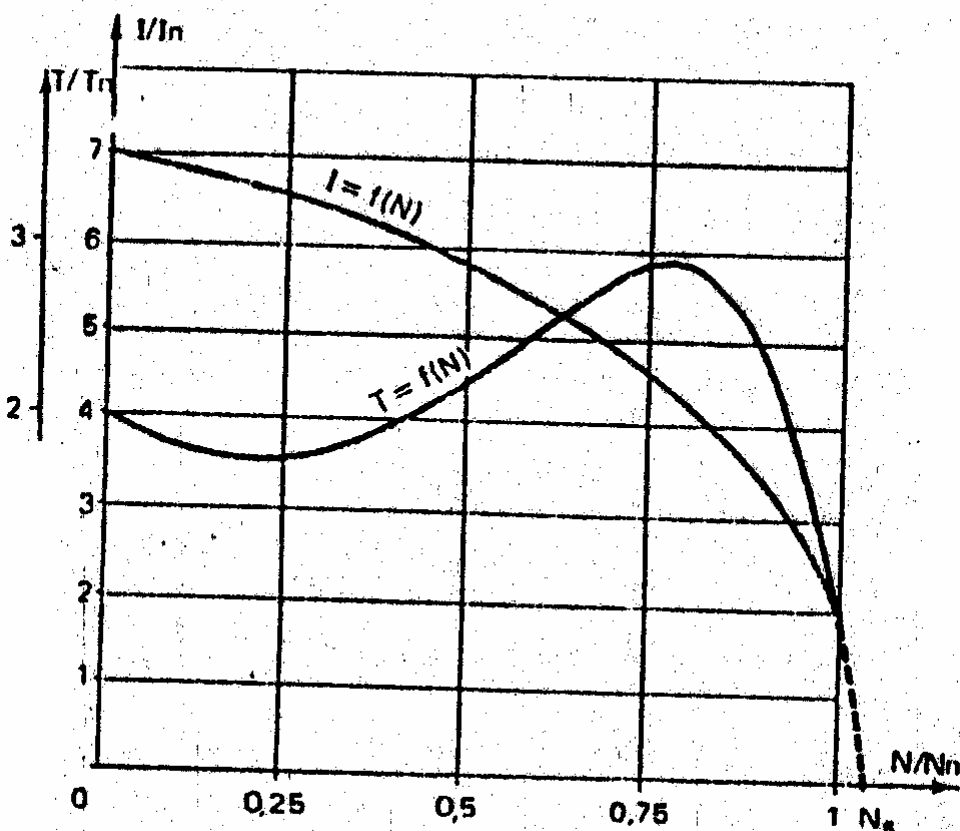
PRINCIPE.

Les enroulements du stator sont couplés directement sur le réseau, le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.



CARACTERISTIQUES.

diagramme



- Intensité.

La courbe $I_n=f(N)$ nous indique que la surintensité au moment du démarrage peut être de 4 à 8 fois l'intensité nominale ; il en résulte une pointe d'intensité très importante.

$I_D = 4 \text{ à } 8 I_N$

-- Couple moteur.

Au moment du démarrage, le couple moteur est en moyenne de 1.5 à 2 fois le couple nominal.

$T_D = 0.5 \text{ à } 1.5 t_n$

--. SCHEMAS DES CIRCUITS.

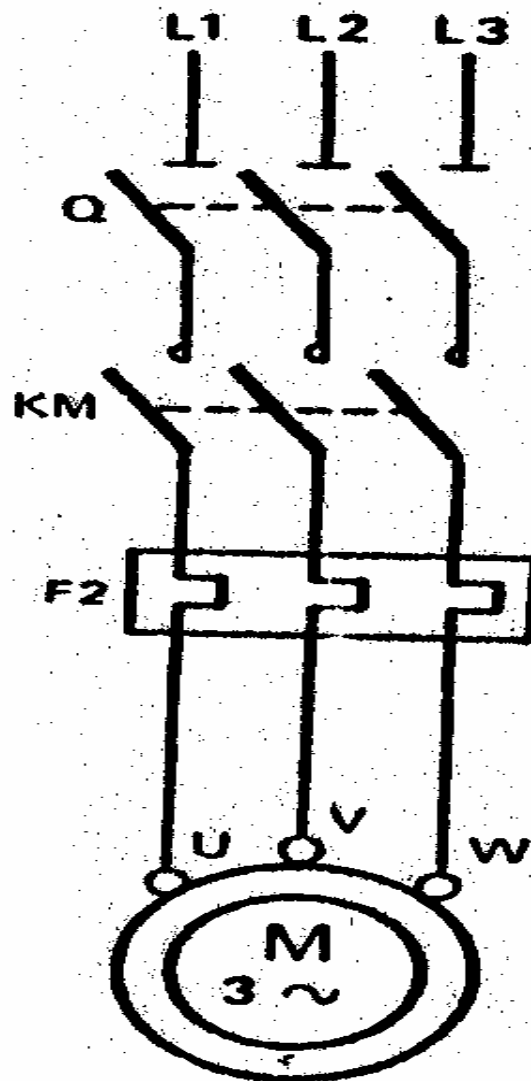
Fonctionnement.

Après avoir fermé le sectionneur, l'action sur S2 enclenche KM qui s'auto alimente, l'arrêt est provoqué par S1 ou le déclenchement de F2. C'est la fonction mémoire.

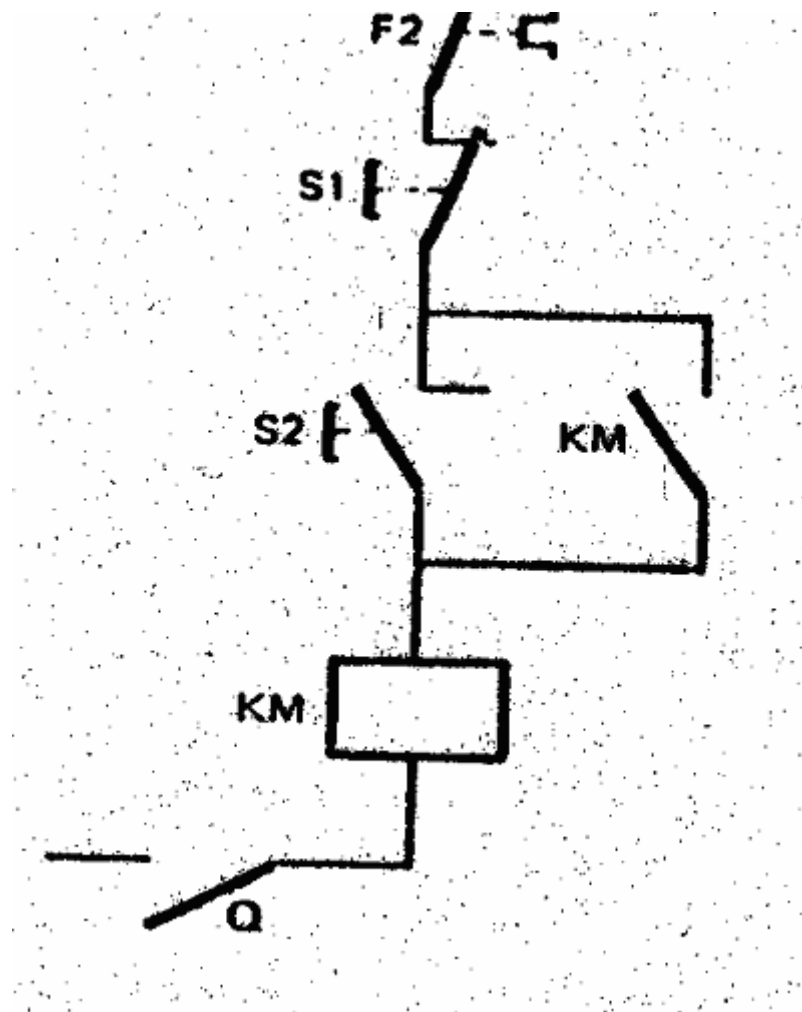
3.2. Circuit de puissance et circuit de commande.

Le circuit de puissance est alimenté en triphasé, alors que le circuit de commande est pris entre phase et neutre, ou alimenté par l'intermédiaire d'un transformateur de sécurité.

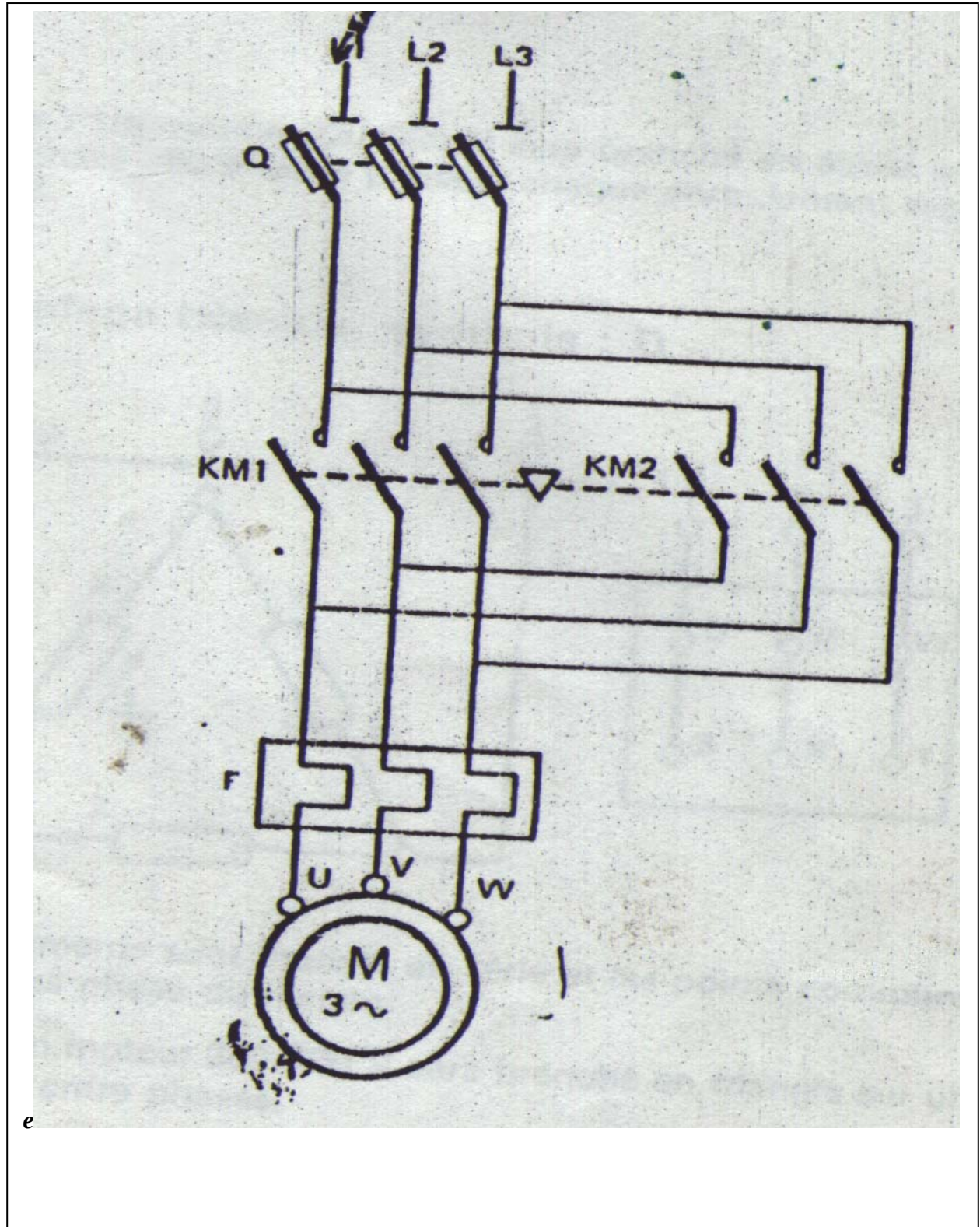
a) Circuit de puissance.



b) circuit de commande



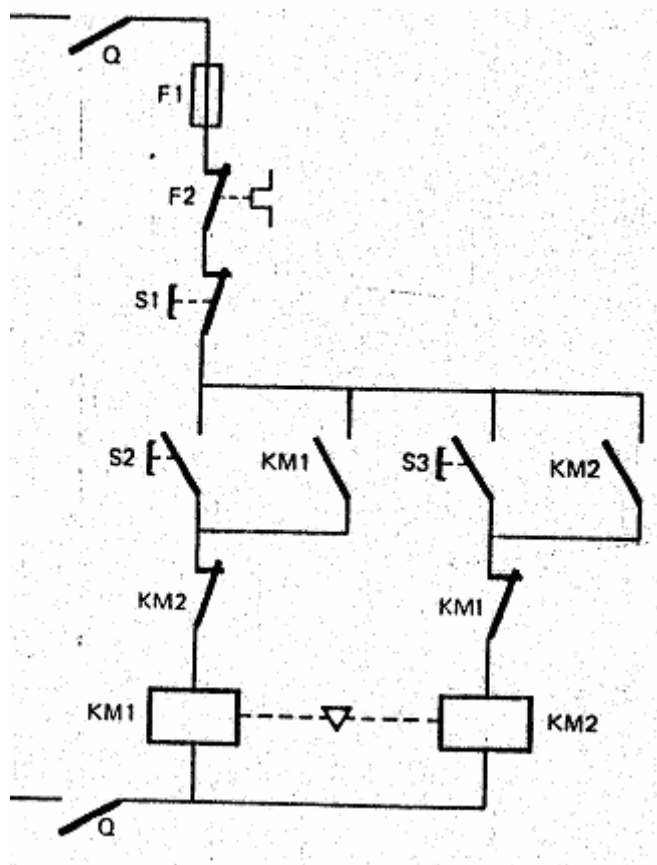
Inversion du sens de marche.



- a) *circuit de puissance. L'inversion du sens de marche est obtenue en croisant deux des conducteurs de phases d'alimentation, le troisième restant inchangé. On inverse ainsi le sens du champ tournant. , et, par conséquent, les sens de rotation.*

Un Verrouillage mécanique est nécessaire pour éviter le court-circuit entre les deux phases dans le cas où les contacteurs KM 1 et KM 2 seraient fermés ensemble.

- b) *Circuit de commande. Un verrouillage électrique par les contacts KM 1 et KM 2 permet de compléter le verrouillage mécanique dans le cas où ce dernier serait défaillant.*



CONCLUSION.

a) Avantages.

- Simplicité de l'appareillage.
- Couple important.
- Temps de démarrage minimal pour un moteur à cage.

b) Inconvénients.

- Appel de courant très important : $I_d = 4 \text{ à } 8 I_n$.
- Démarrage brutal.

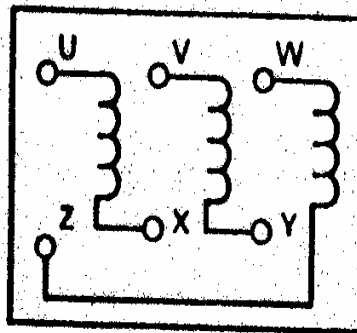
c) Emplois.

- Moteurs de petite puissance ($p \leq 7.5 \text{ ch.}$) ou de puissance faible par rapport à la puissance du réseau.
- Machines ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive.
- Machines nécessitant un bon couple de démarrage.

2-2. Démarrage étoile triangle

2.2.1 Couplage des enroulements

La plaque à bornes a toujours les entrées des enroulements repérées U, V, W et les sorties correspondantes X, Y, Z qui sont raccordées comme sur le schéma.

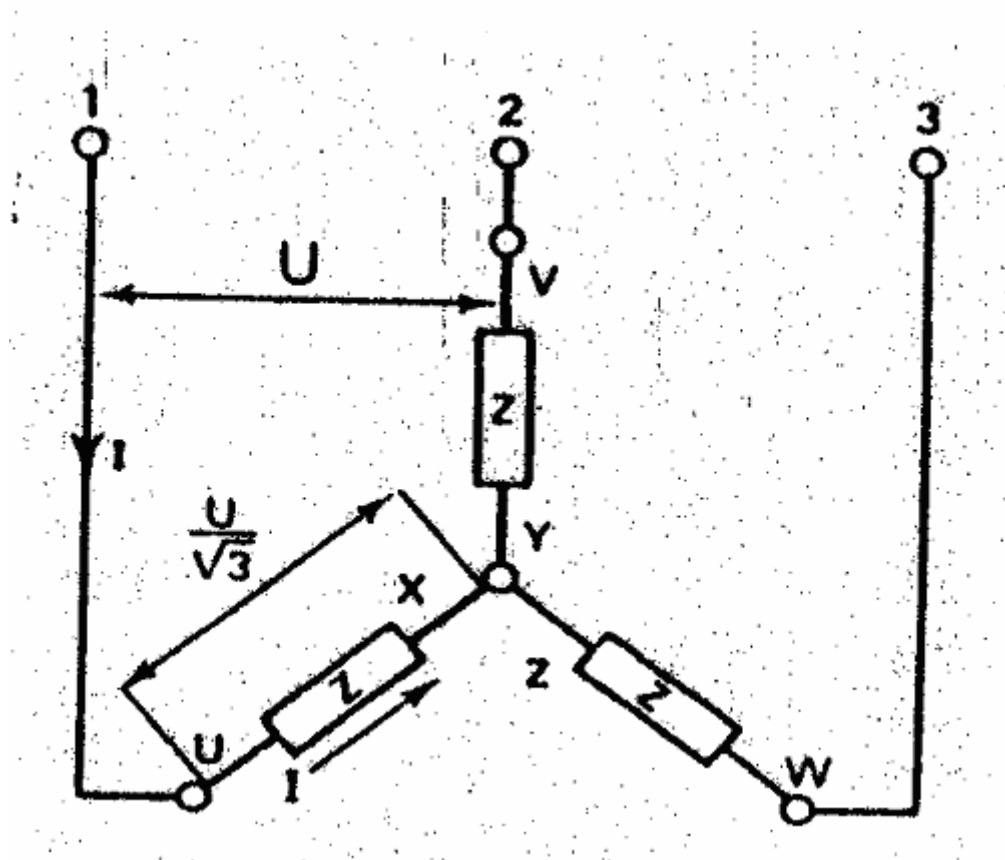


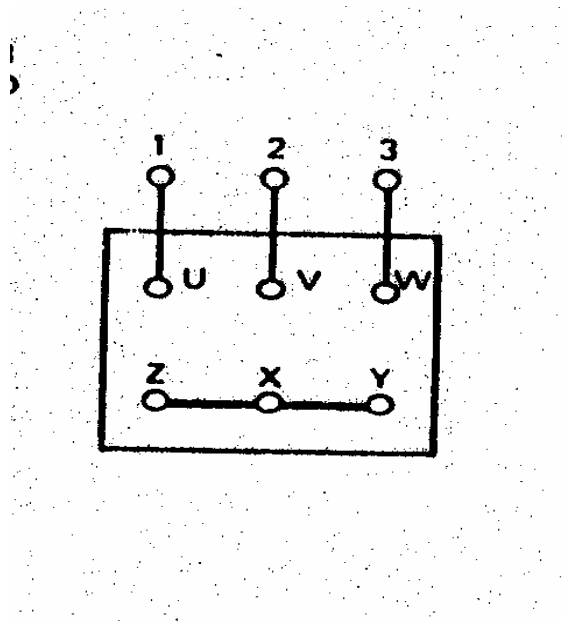
Dans un moteur, chaque enroulement a une impédance Z qui est constante et qui peut supporter une tension donnée.

Dans un moteur, chaque enroulement a une impédance Z qui est constante et qui peut supporter une tension donnée.

Couplage étoile, symbole : Y

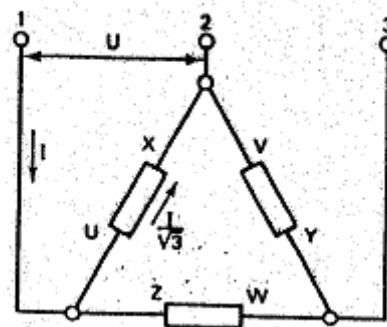
Les 3 enroulements ont un point commun x, y, z qui est réalisé sur la plaque à bornes par des barrettes.

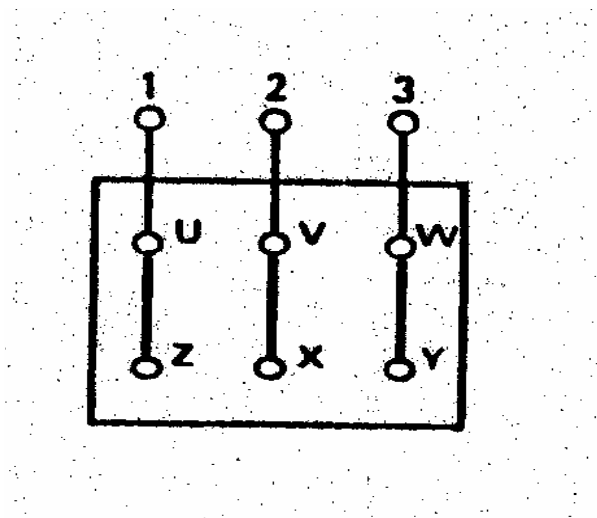




Exemples : Un moteur 220 /380 V sera branché en étoile sur un réseau triphasé 380 V entre phases, chaque enroulement supportant 220 V.

. Couplage triangle, symbole : D





Les 3 enroulements sont montés en série et les points communs reliés à chaque phase du réseau.

Exemple : Un moteur 380 /660 V sera branché en triangle sur un réseau 380 V entre phases.

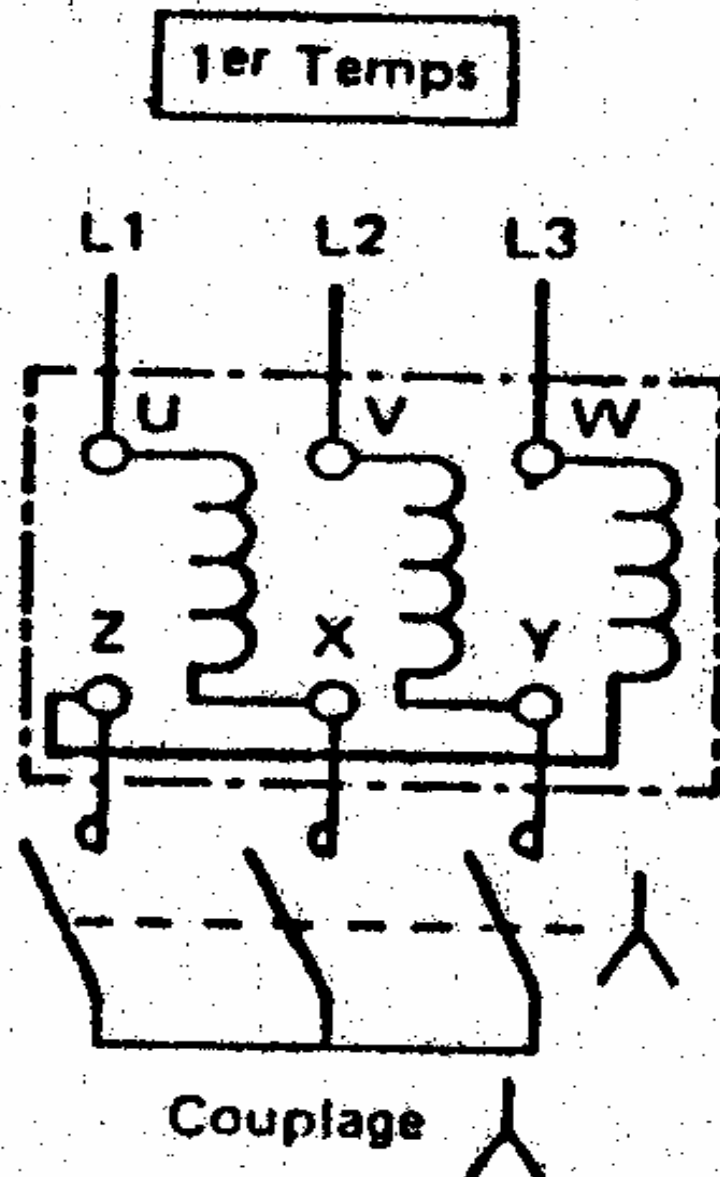
Ce procédé ne peut s'appliquer qu'aux moteurs dont toutes les extrémités d'enroulements sont sorties sur la plaque à bornes, et dont le couplage triangle correspond à la tension du réseau.

- Pour un réseau 220 V : moteur 220 V /380 V.
- Pour un réseau 380 V : moteur 380 V / 660 V.

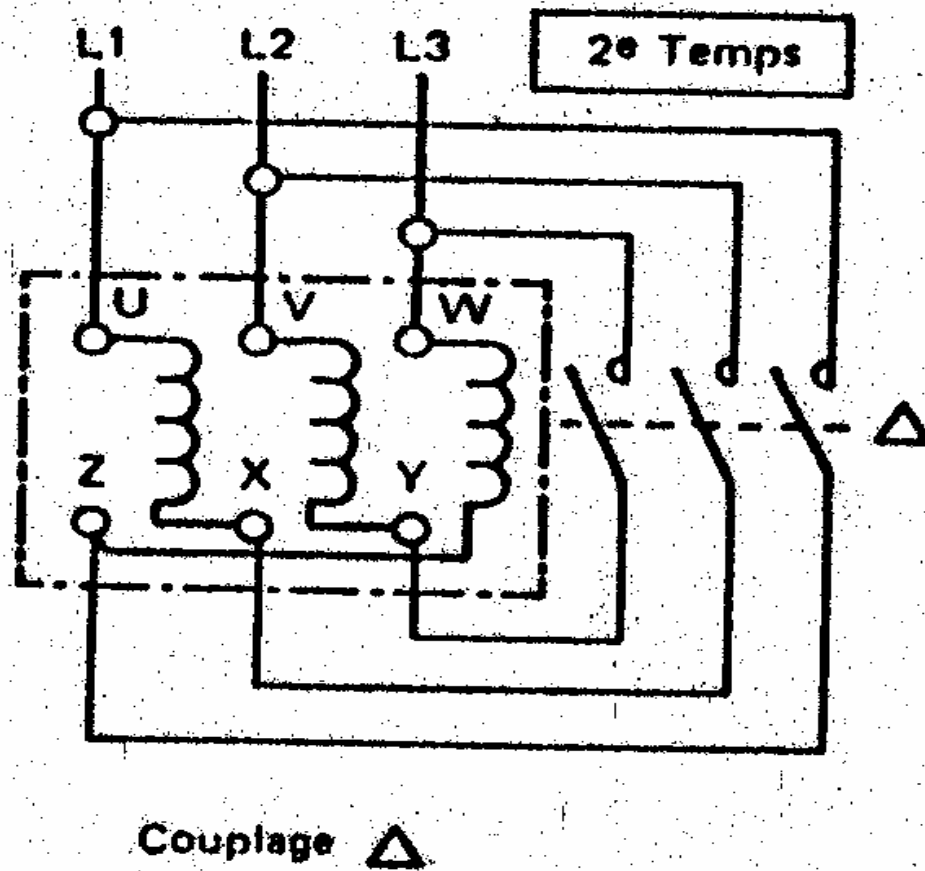
2.2.2.Principe de démarrage étoile triangle

Le démarrage s'effectue en deux temps.

1^{ER} Temps : Mise sous tension et couplage étoile des enroulements.
Le moteur démarre à tension réduite : $U/3$



2° Temps : Suppression du couplage étoile et mise en couplage triangle. Le moteur est alimenté à pleine tension.



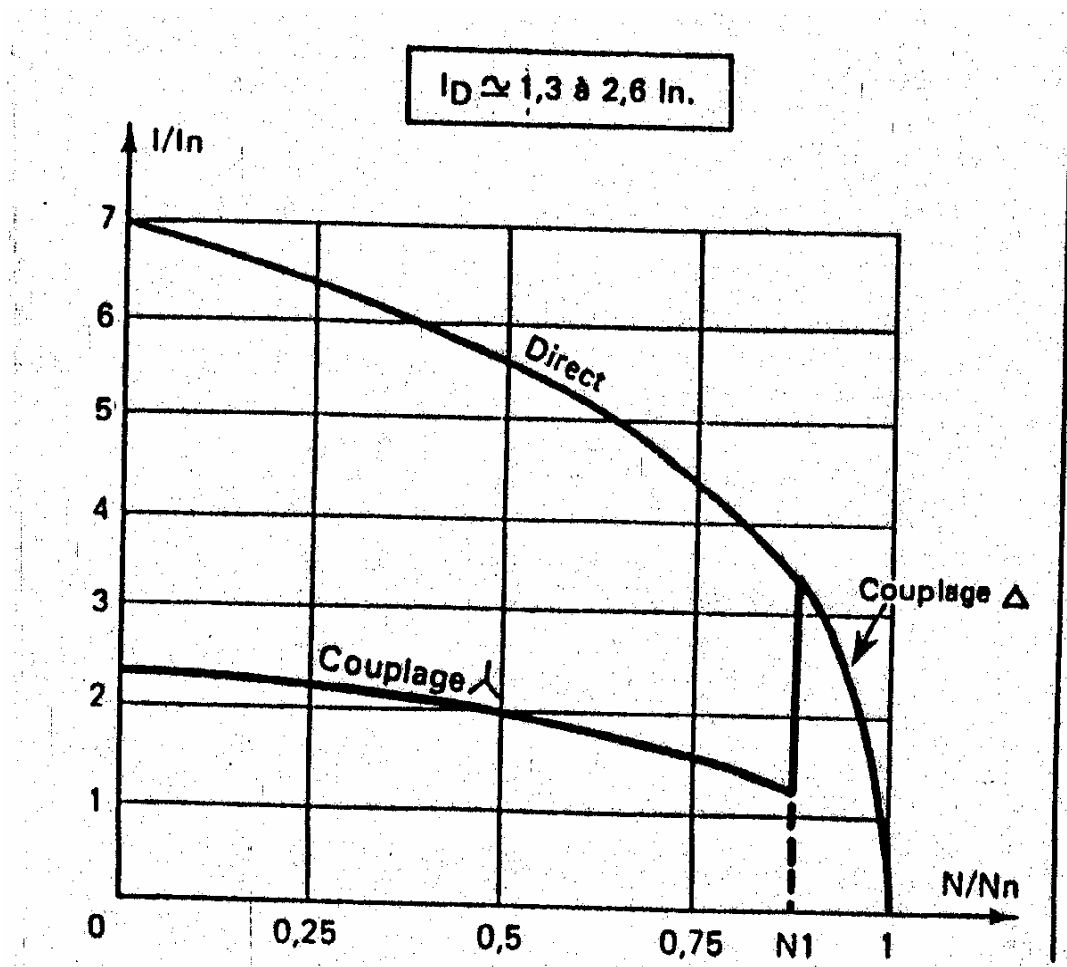
. CARACTERISTIQUES.

Intensité.

La courbe $I_n = f(n)$ nous montre que l'appel de courant du démarrage est le tiers de l'appel au démarrage direct en triangle.

$$I_d = 1.3 \text{ à } 2.6 I_n.$$

Diagramme

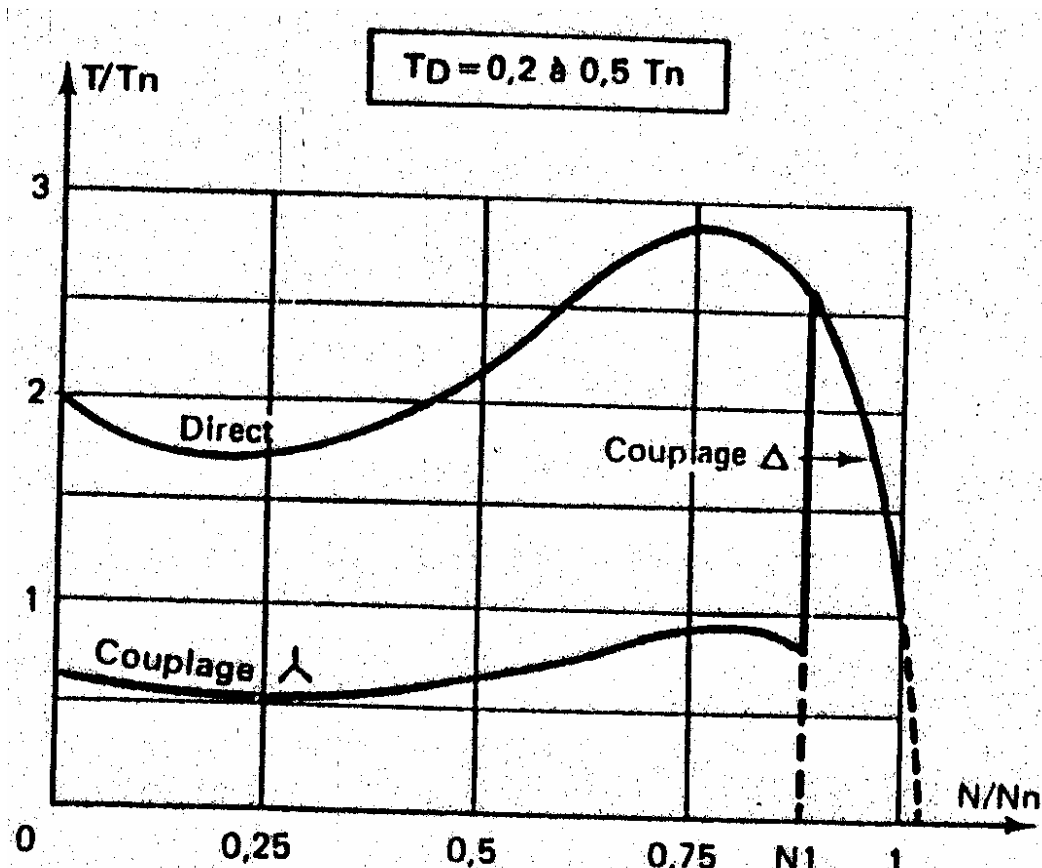


.Couple.

Le couple étant proportionnel au carré de la tension appliquée (voir cours d'électrotechnique) la tension étant :

$U/3^{1/2}$ le couple est sensiblement 3 fois plus faible qu'en démarrage direct, c'est -dire :

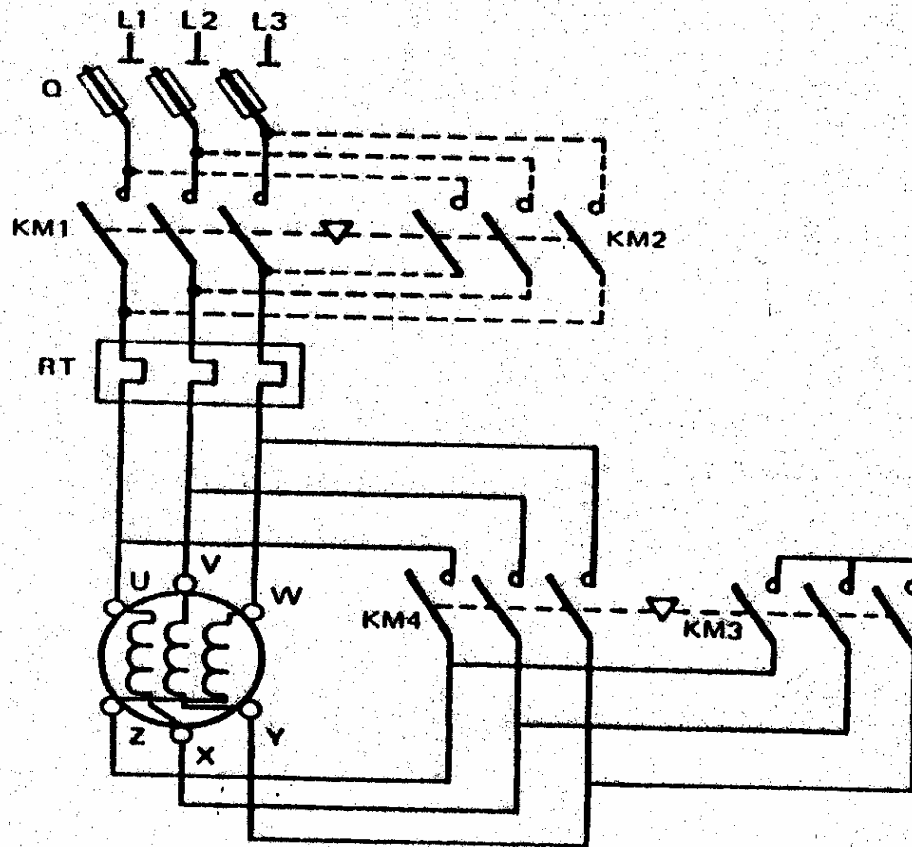
$$T_D = 0.2 \text{ à } 0.5 T_n$$



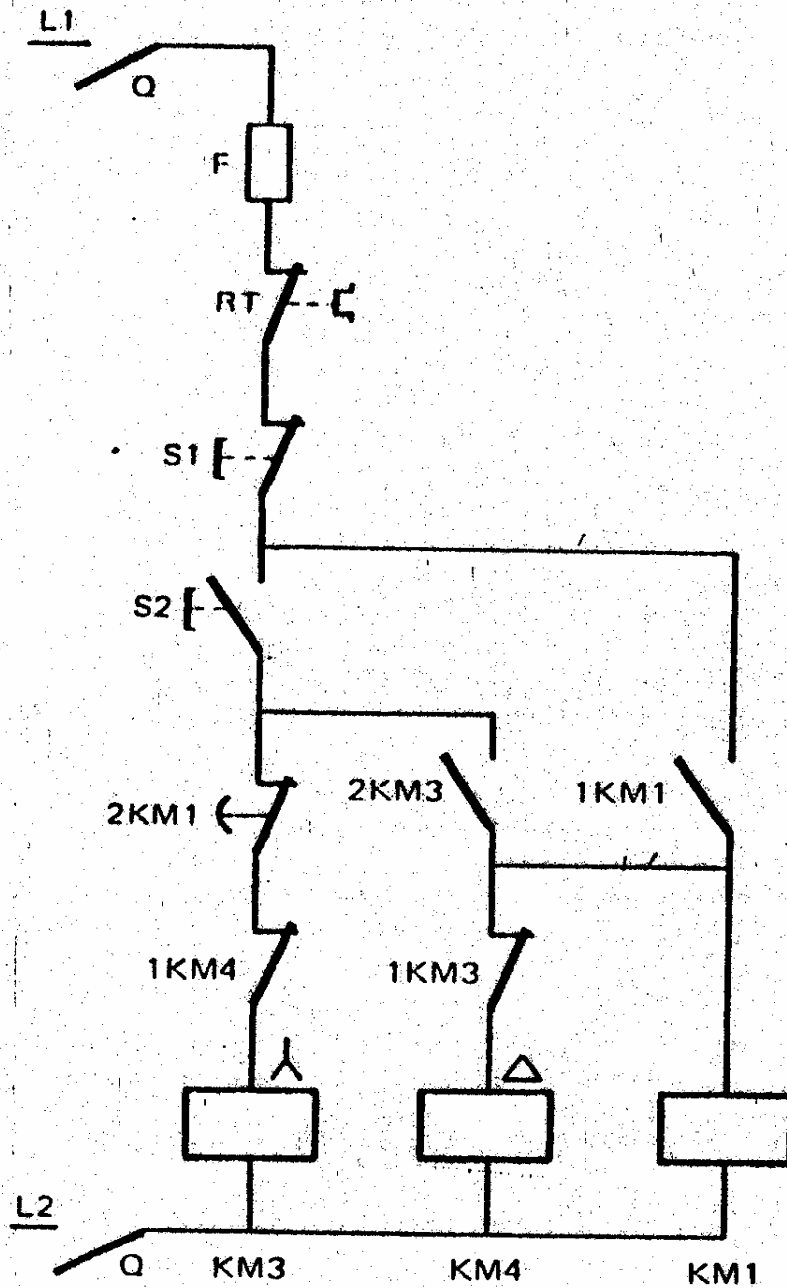
SHEMAS DES CIRCUITS.

- Circuit de puissance.

Le verrouillage mécanique entre KM4 et KM3 est conseillé ; il est obligatoire pour le verrouillage électrique.



- Circuit de commande.



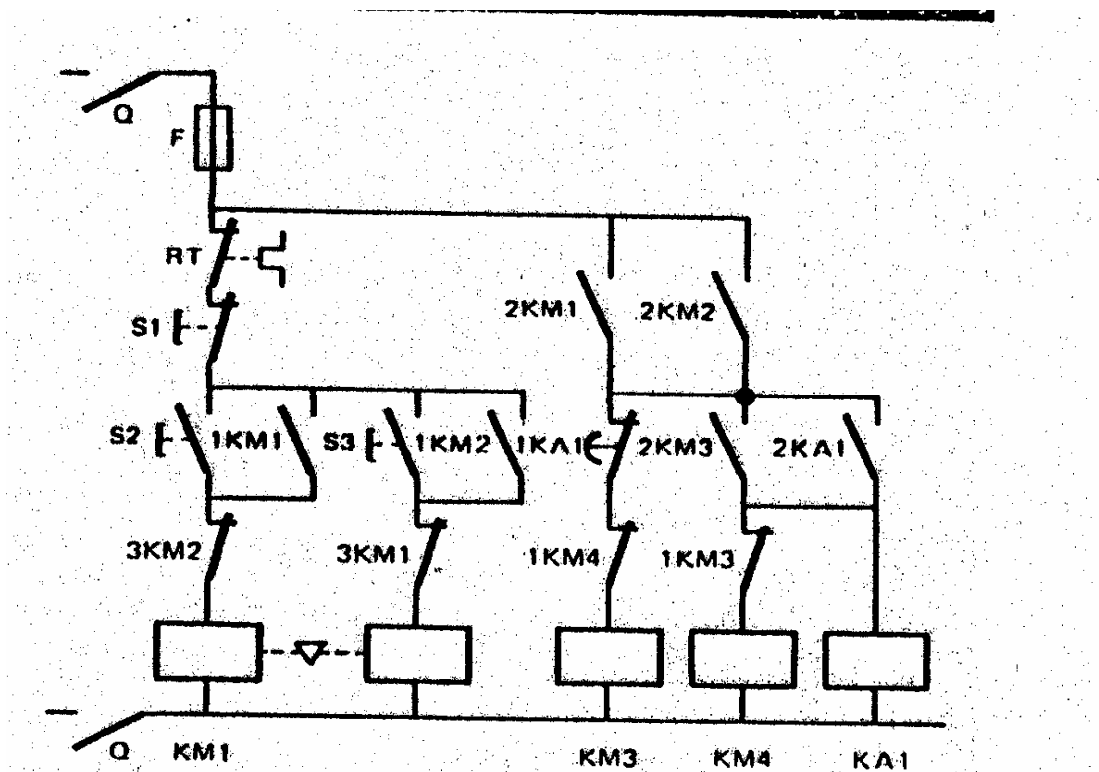
- Fonctionnement.

- Fermeture manuelle de Q1.
- Impulsion sur S2 ----- fermeture de KM3 (couplage étoile).
- Fermeture de 2KM3 ----- alimentation de KM1 (alimentation moteur)
- Auto alimentation de KM1, KM3 par 1KM1.
- Ouverture de KM3 par 2KM1 temporisé (élimination du couplage Y).
- Fermeture de KM4 par 1KM3 (couplage triangle).
- Arrêt : impulsion sur S1.

2.2.3 Inversion du sens de marche.

On ajoute un contacteur KM2 placé à côté de KM1 sur le circuit de puissance pour réaliser l'inversion (en rouge sur la figure 3.1).

Le circuit de commande comprend, en plus, un relais temporisé KA1 qui est excité par l'un ou l'autre des contacteurs de ligne.



2.2.3 Démarrage en 3 temps.

Pour diminuer la surintensité au passage étoile en triangle, on ajoute un troisième temps dans lequel une résistance est mise en série, avec les enroulements couplés en triangle pendant environ 3 secondes.

1°-temps : Etoile.

2°-temps : Triangle+Résistances.

3°-temps : Triangle.

. Démarrage –étoile- triangle) par élimination de résistances .

La résistance destinée à se trouver temporairement en série avec le couplage triangle est branchée immédiatement avant l'ouverture du contacteur étoile afin d'éviter toute interruption de courant.

Ces montages sont très spéciaux et assez peu utilisés.

a) Avantages.

-Appel de courant en étoile réduit au tiers de sa valeur en direct.

- Faible complication d'appareillage.

b) Inconvénients.

- Couple réduit au tiers de sa valeur en direct.

-Coupure entre les positions étoile et triangle d'où apparition de phénomènes transitoires.

c) Emplois .Machines démarrent à vide : machines à bois, ventilateurs, machines-outils.

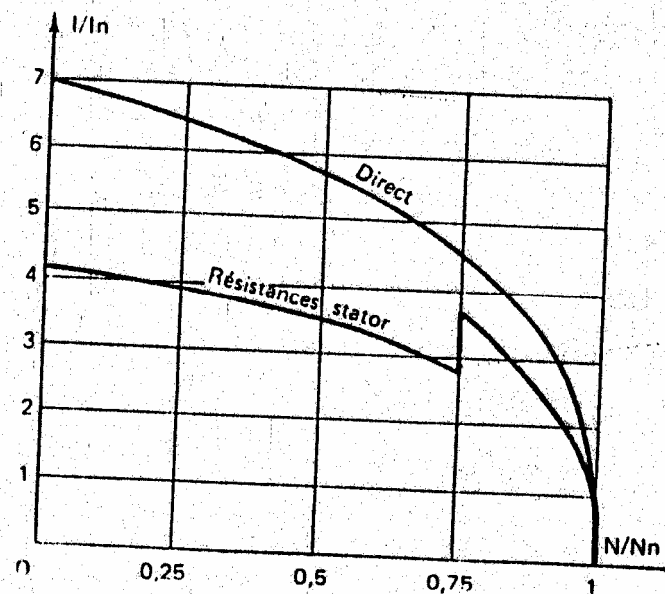
Principe.

L'alimentation à tension réduite est obtenue dans un premier temps par la mise en série, dans le circuit, d'une résistance qui est ensuite court-circuitée généralement en un seul temps,

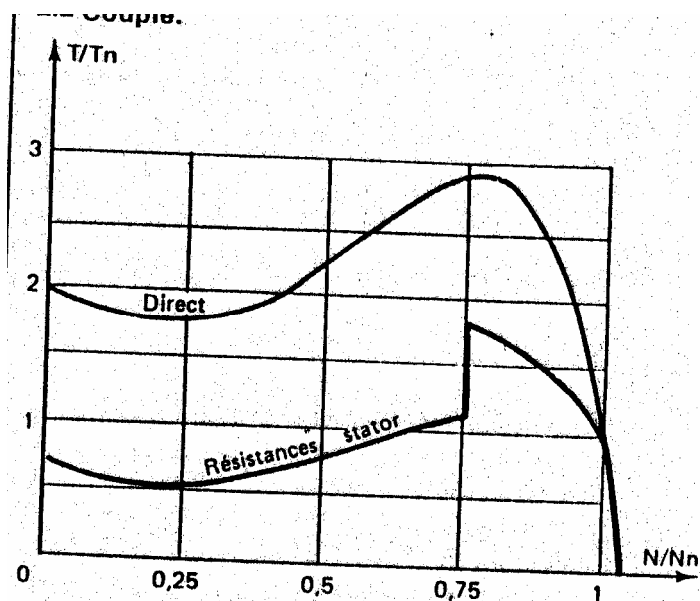
Éventuellement en deux temps.

Caractéristiques.

- Intensité.



. Couple.



Le couple initial est relativement faible pour une pointe de courant assez importante.
Il est réduit comme carré de la diminution de tension.

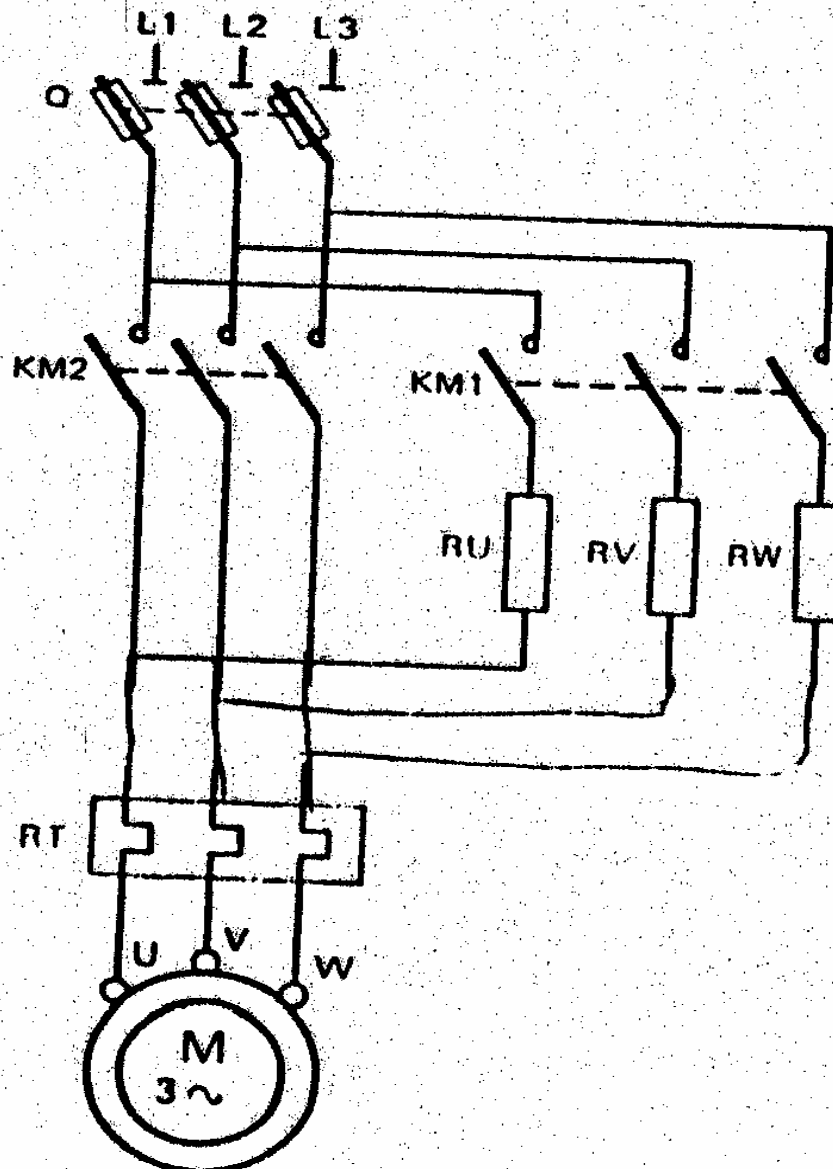
$$T_d = 0.75 T_n.$$

. Schéma des circuits.

-. Circuit de puissance.

Deux solutions peuvent être envisagées :

- a) Le contacteur est en série avec les résistances .Il met ces dernières en service au premier temps de démarrage.



- b) Le contacteur est en parallèle avec les résistances .Il assure le court – circuitage des résistances.