



**TECHNOLOGIE
D'ELECTRICITE**

LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE



Lycée L.RASCOL 10, rue de la République
BP 218. 81012 ALBI CEDEX

SOMMAIRE

PRINCIPE

CREATION D'UN CHAMP MAGNETIQUE TOURNANT

CONSTITUTION

- Stator
- Rotor
- Plaque signalétique
- Puissance et couple
- Vitesse
- Implantation des bobinages couplage
- Caractéristiques de construction
- Point de fonctionnement

INSTALLATION D'UN MOTEUR

DEMARRAGE

- Démarrage direct
- Démarrage étoile triangle
- Démarrage par démarreur statique
- Démarrage par résistances rotoriques

FREINAGE

- Utilisation d'un électro frein
- Utilisation d'un frein à courant de Foucault
- Freinage par contre courant
- Freinage par injection de courant continu
- Utilisation d'un système électronique

PROTECTION PAR SONDES THERMIQUES

- Utilisation de thermistances
- Utilisation de pastilles bimétalliques

PRINCIPE

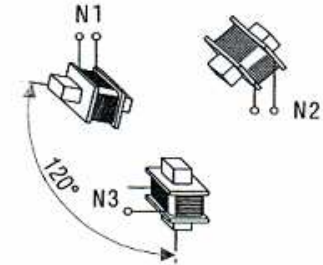
Trois enroulements géométriquement décalés de 120° sont alimentés chacun par une phase d'un réseau triphasé alternatif.

Les enroulements sont parcourus par des courants alternatifs présentant le même décalage électrique 120° , ils produisent chacun un champ magnétique alternatif sinusoïdal.

En combinant ces trois champs on trouve un champ tournant d'amplitude constante, ce champ effectue un tour pendant une période du courant d'alimentation avec une paire de pôle par enroulement.

Dans un moteur la vitesse du champ tournant sera fonction de la fréquence du réseau et du nombre de paires de pôles de chaque bobine.

Cette vitesse est appelée **vitesse de synchronisme**.



$$n_s = \frac{f_{(\text{Hz})}}{p} \quad (\text{tr/s})$$

La partie centrale va être le siège d'une FEM induite et si des courants induits peuvent circuler, ils vont développer des forces qui entraineront le rotor en rotation. Le couple moteur ne peut exister que si les courants induits circulent, le rotor tourne donc à une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme.

Le moteur est dit asynchrone pour cette raison.

$$n < n_s$$

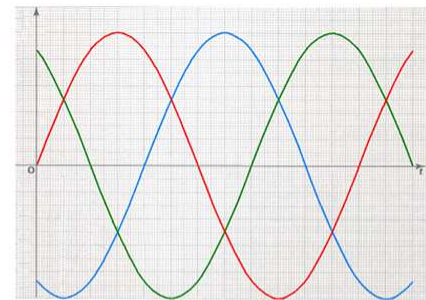
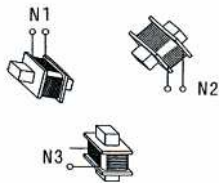
La différence de vitesse entre n_s et n est appelée glissement il s'exprime en % de n_s .

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} * 100 \quad (\%)$$

CREATION D'UN CHAMP MAGNETIQUE TOURNANT

Chaque bobinage produit donc un champ magnétique alternatif sinusoïdal. Ce champ a une direction fixe (axe du bobinage) et un module variable (il est maximum quand le courant est maximum).

A tout instant, ce champ est la résultante de deux champs de module constant (la moitié de la valeur du champ maximum) qui tournent en sens inverse à la vitesse ω .

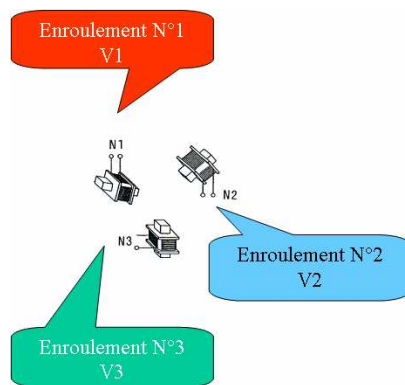


$$v_1 = \hat{V} \sin \omega t$$

$$v_2 = \hat{V} \sin (\omega t - 2\pi / 3)$$

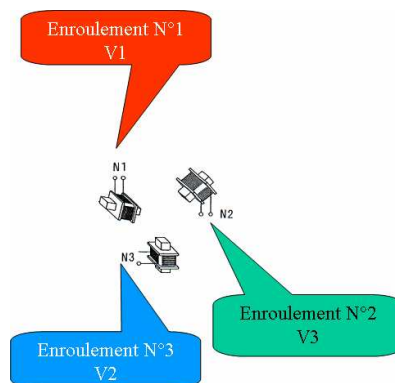
$$v_3 = \hat{V} \sin (\omega t - 4\pi / 3)$$

Cas N°1



Le champ tournant résultant tourne dans le sens Horaire à la vitesse n_s

Cas N°2



Le champ tournant résultant tourne dans le sens Anti-Horaire à la vitesse n_s

CONSTITUTION

Le moteur asynchrone comprend deux parties distinctes:

LE STATOR

C'est la partie fixe du moteur. Il est constitué d'une carcasse sur laquelle est fixée une couronne de tôles d'acier de qualité spéciale munies d'encoches. Des bobinages de section appropriée sont répartis dans ces dernières et forment un ensemble d'enroulements qui comporte autant de circuits qu'il y a de phases sur le réseau d'alimentation

LE ROTOR

C'est la partie mobile du moteur. Il est placé à l'intérieur du stator et est constitué d'un empilage de tôles d'acier formant un cylindre claveté sur l'arbre du moteur. Parmi les types les plus usités on distingue:

Le rotor à cage (rotor en court - circuit)

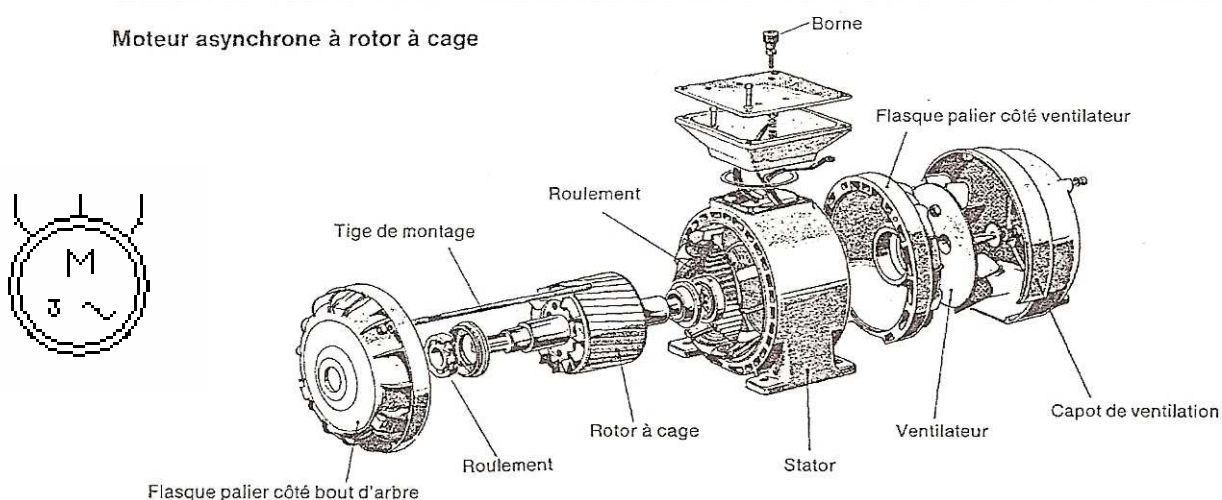
\$ Rotor à simple cage.

Dans des trous ou dans des encoches disposées vers l'extérieur du cylindre et parallèlement à son axe sont placés des conducteurs. A chaque extrémité, ceux-ci sont raccordés sur une couronne métallique. L'ensemble a l'aspect d'une cage d'écureuil.

\$ Rotor à double cage

Ce rotor comporte deux cages concentriques, l'une vers l'extérieur assez résistante, l'autre intérieure de résistance plus faible. Au début du démarrage, le flux étant à fréquence élevée, les courants induits s'opposent à sa pénétration dans la cage intérieure. Le couple produit par la cage extérieure résistante est important et l'appel de courant réduit.

En fin de démarrage, la fréquence diminue dans le rotor, le passage du flux à travers la cage intérieure est plus facile le moteur se comporte alors sensiblement comme s'il était construit avec une seule cage peu résistante.

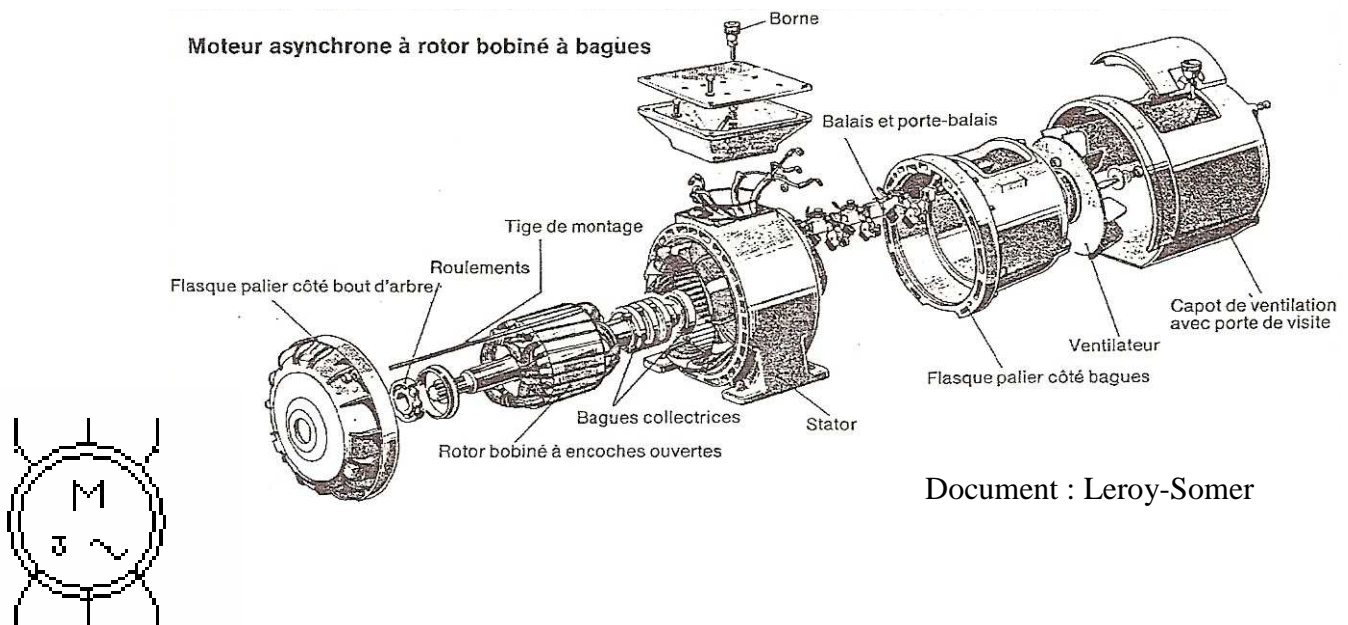


Document: Leroy-Somer

Le rotor bobiné (rotor à bagues)

Dans des encoches pratiquées sur les tôles constituant le rotor sont logés des enroulements identiques à ceux du stator. Généralement le rotor est triphasé.

Une extrémité de chacun des enroulements est relié à un point commun (couplage étoile). Les extrémités libres peuvent être raccordées sur un coupleur centrifuge ou sur trois bagues en cuivre isolées et solidaires du rotor. Sur ces bagues viennent frotter des balais en graphite raccordés au dispositif de démarrage.

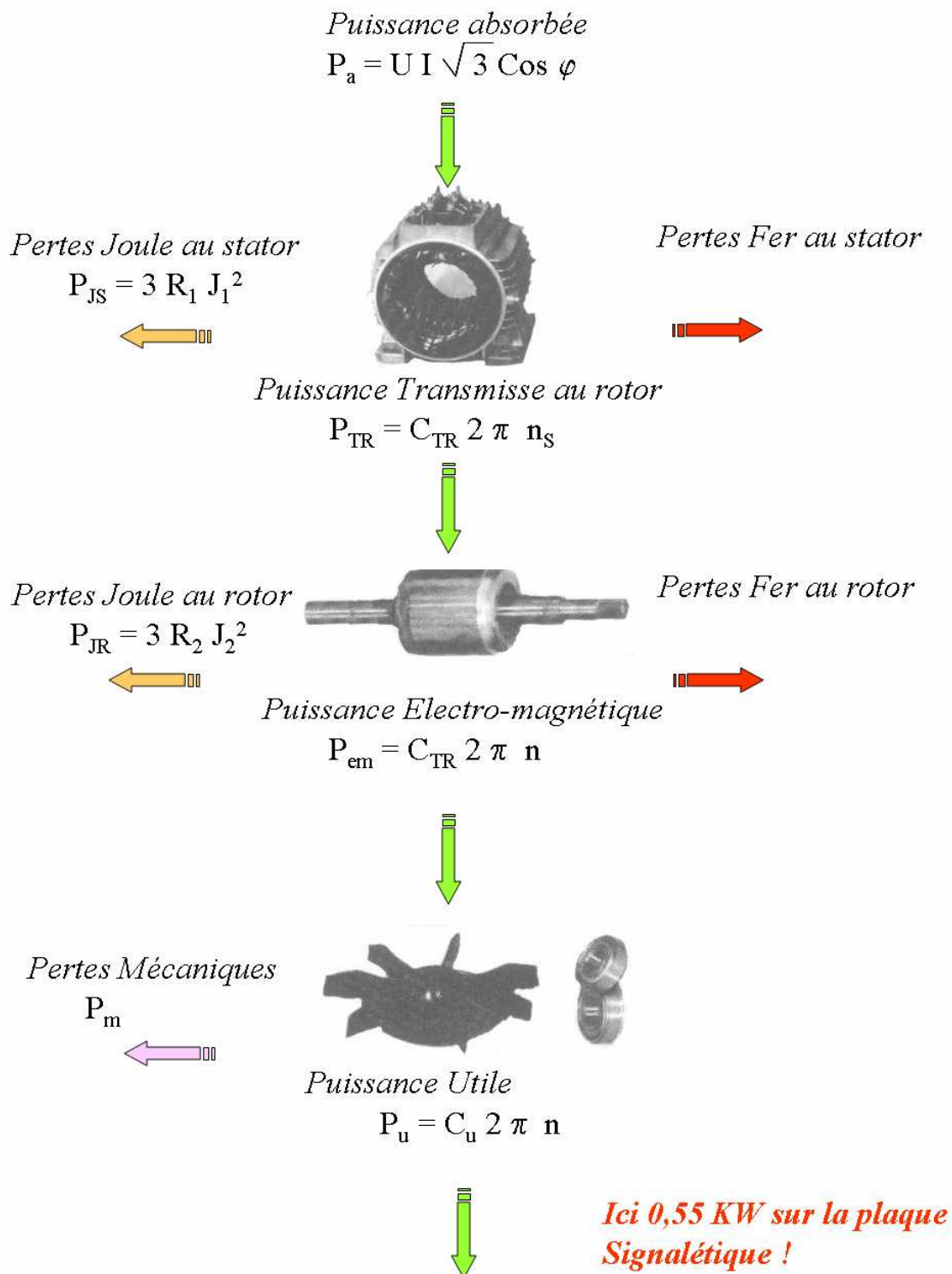


PLAQUE SIGNALÉTIQUE

Sur la plaque signalétique, le constructeur indique:

- \$ le type du moteur
- \$ puissance utile
- \$ vitesse de rotation
- \$ facteur de puissance
- \$ tension d'utilisation - couplage
- \$ caractéristiques de construction
 - indice de protection
 - classe d'isolation
 - service

PUISSANCE ET COUPLE



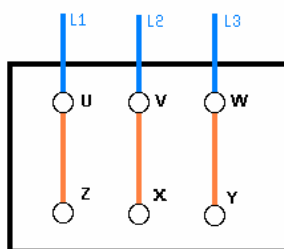
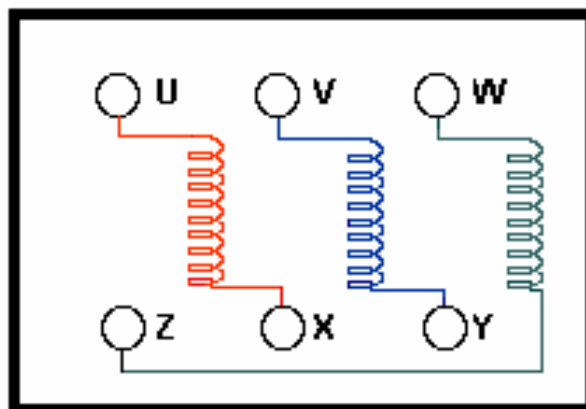
VITESSE

Pour les fréquences industrielles 50 Hz et 60 Hz les vitesses de rotation du champ tournant ou de synchronisme, en fonction du nombre de pôles sont les suivantes.

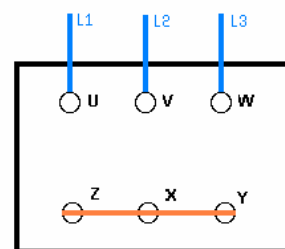
Moteur à :	En 50 Hz	En 60 Hz
deux pôles	3000 tr/mn	3600 tr/mn
quatre pôles	1500 tr/mn	1800 tr/mn
six pôles	1000 tr/mn	1200 tr/mn
huit pôles	750 tr/mn	900 tr/mn
dix pôles	600 tr/mn	720 tr/mn
douze pôles	500 tr/mn	600 tr/mn

IMPLANTATION DES BOBINAGES COUPLAGE

Moteur rotor à cage (rotor en court - circuit)

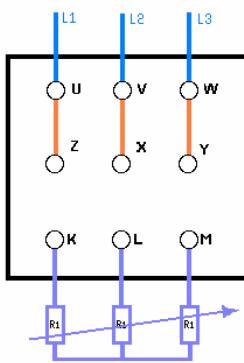
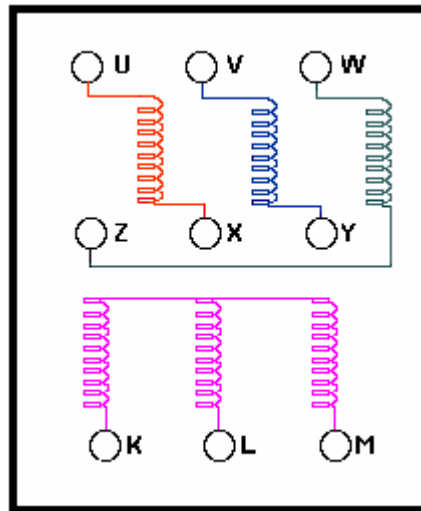


Couplage Δ

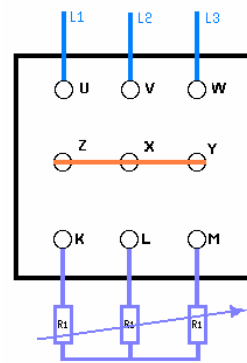


Couplage Y

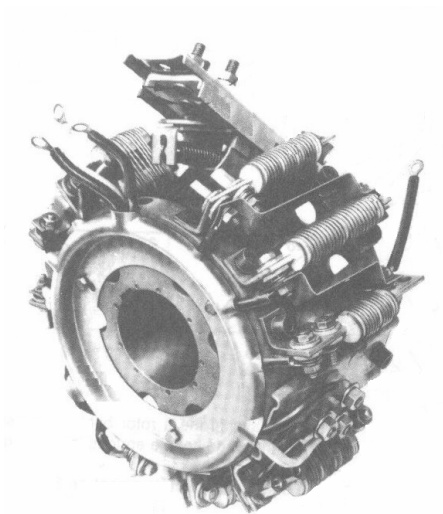
Moteur rotor bobiné (rotor à bagues)



Couplage Δ



Couplage Y



CARACTERISTIQUE DE CONSTRUCTION

degré de protection des enveloppe des moteurs électriques.
(Norme française NF C 51-115 ,juillet 1969)

1 ^{er} chiffre : protection contre les corps solides			2 ^e chiffre : protection contre les liquides			protection mécanique		
IP	Tests	Définition	IP	Tests	Définition	IK	Tests	Définition
0		Pas de protection	0		Pas de protection	00		Pas de protection
1	Ø 50 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm (exemple : contacts involontaires de la main)	1	1	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)	01	150 g 10 cm	Energie de choc : 0.15 J
2	Ø 12 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm (exemple : doigt de la main)	2	15°	Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale	02	200 g 10 cm	Energie de choc : 0.20 J
3	Ø 2.5 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 2.5 mm (exemples : outils, fils)	3	80°	Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale	03	250 g 15 cm	Energie de choc : 0.37 J
4	Ø 1 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (exemples : outils fin, petits fils)	4	4	Protégé contre les projections d'eau de toutes directions	04	250 g 20 cm	Energie de choc : 0.50 J
5	5	Protégé contre les poussières (pas de dépôt notable)	5	5	Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance	05	350 g 20 cm	Energie de choc : 0.70 J
6	6	Totalement protégé contre les poussières. Ne concerne pas les machines tournantes	6	6	Protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer	06	250 g 40 cm	Energie de choc : 1 J
			7	0.15 m	Protégé contre les effets de l'immersion entre 0.15 et 1 m	07	0.5 kg 40 cm	Energie de choc : 2 J
			8	1 m	Protégé contre les effets prolongés de l'immersion sous pression	08	1.25 kg 40 cm	Energie de choc : 5 J
						09	2.5 kg 40 cm	Energie de choc : 10 J
						10	5 kg 40 cm	Energie de choc : 20 J

Classe d'isolation

On considère une température ambiante maximum de 45°C

Classe d'isolation (norme UTE)	Température maxi °C
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	>180

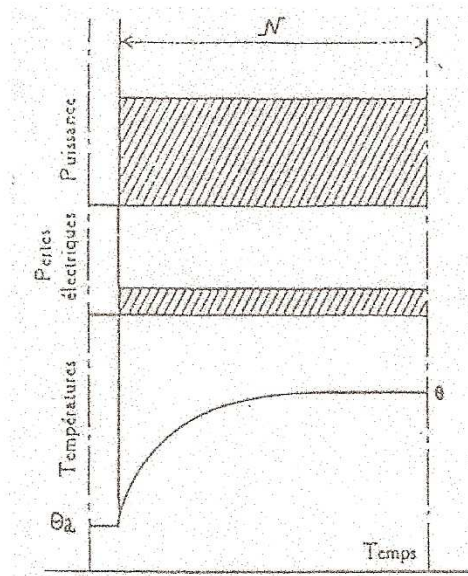
Exemple :
Isolation classe E
Echauffement maximum 75°C

Service

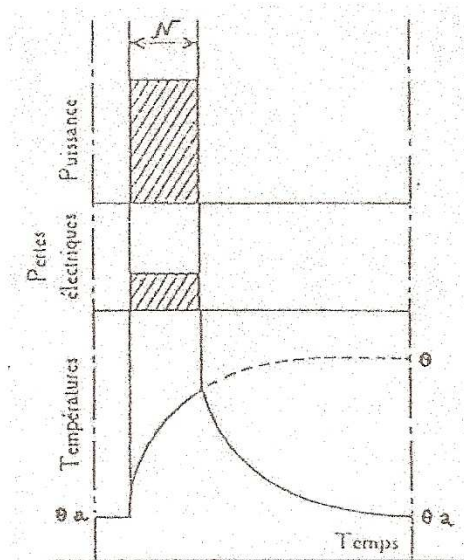
Le service du moteur est défini par l'indication des régimes successifs auxquels il est soumis et qui dépendent:

- du temps de fonctionnement "régime nominal."
- des démarrages (durée - nombre).
- des freinages.
- des variations de la charge.

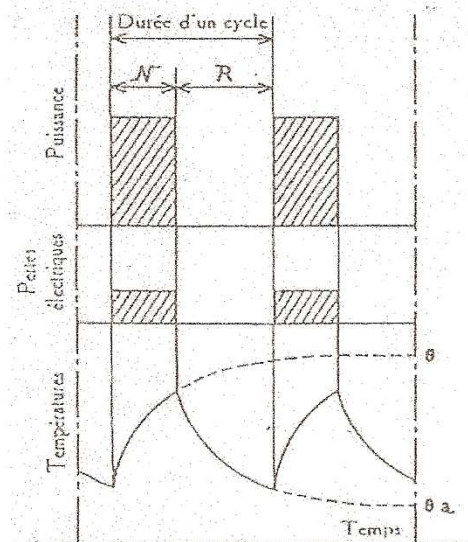
Les services types normalisés par l'UTE sont au nombre de 8:



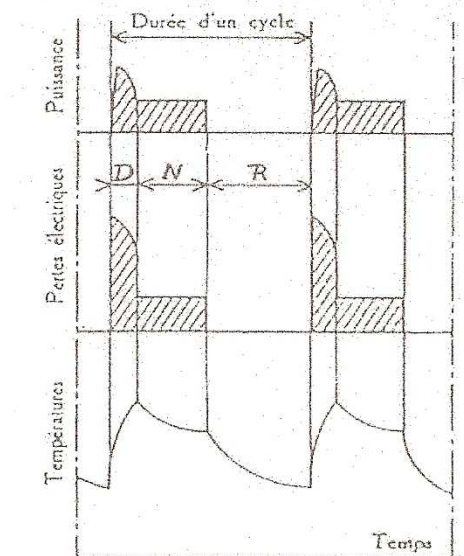
Service continu (S1)



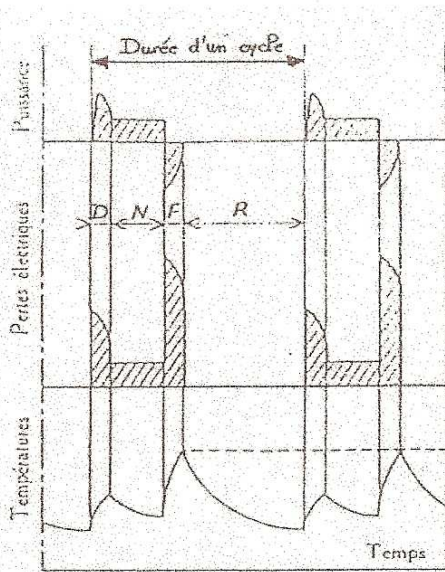
Services temporaires (S2)



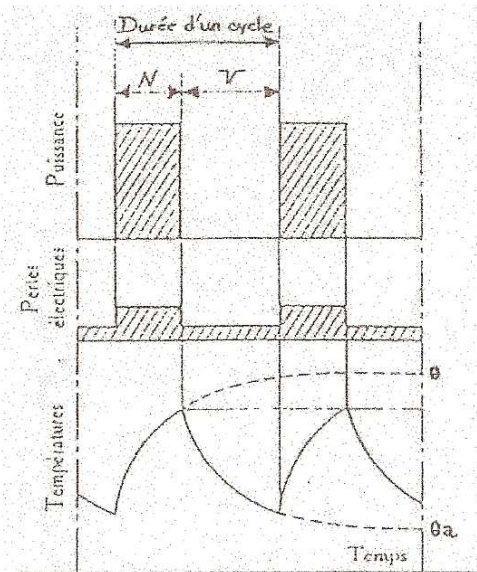
Services intermittents périodiques (S3)



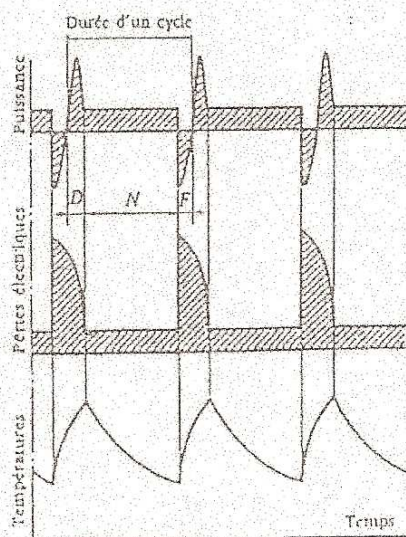
Services intermittents à démarrages (S4)



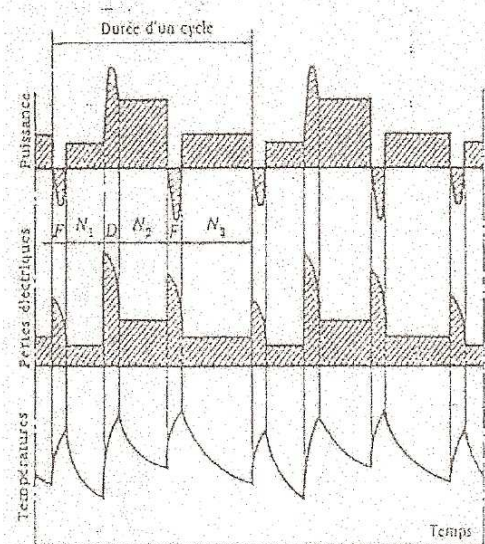
Services à démarrage et freinage électrique (S5)



Services ininterrompus à charge intermittente (S6)



Services ininterrompus à démarrage et freinage (S7)



Services ininterrompus à changement de vitesse périodique (S8)

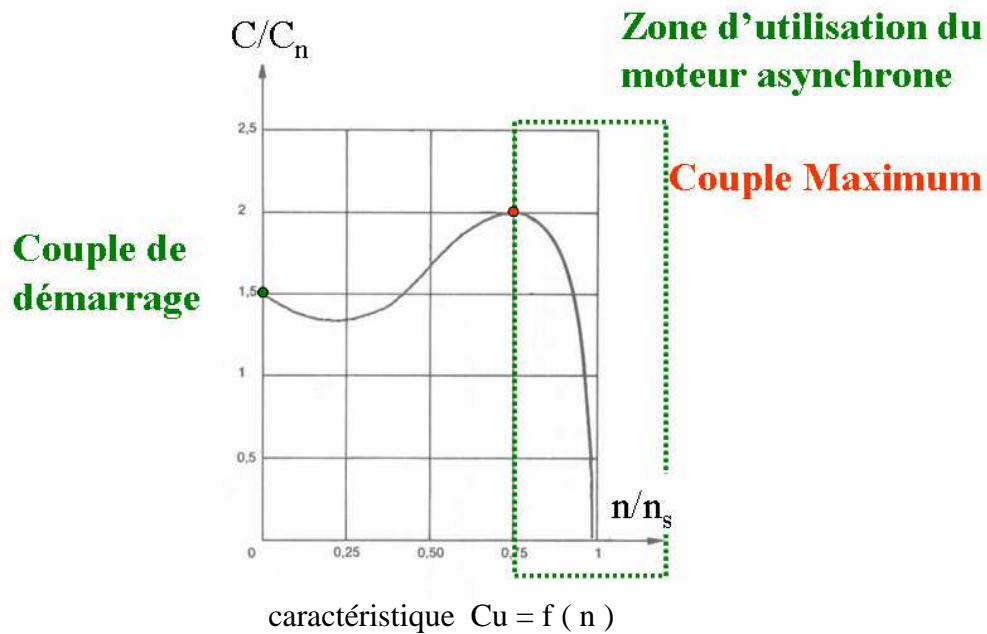
LEGENDE

N Fonctionnement au régime nominal
 D Démarrage ou accélération
 F Freinage électrique
 V Fonctionnement à vide

R Repos
 O température en service continu
 Oa Température du milieu refroidissant
 N ou N1 | Fonctionnement au régime normal
 N2 ou N3

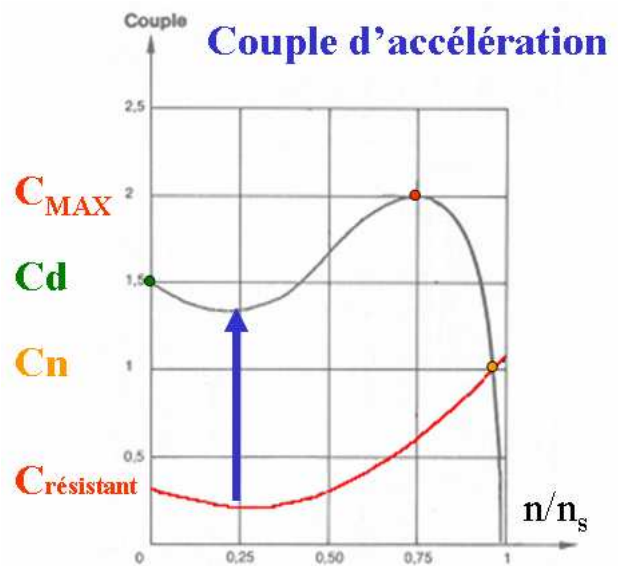
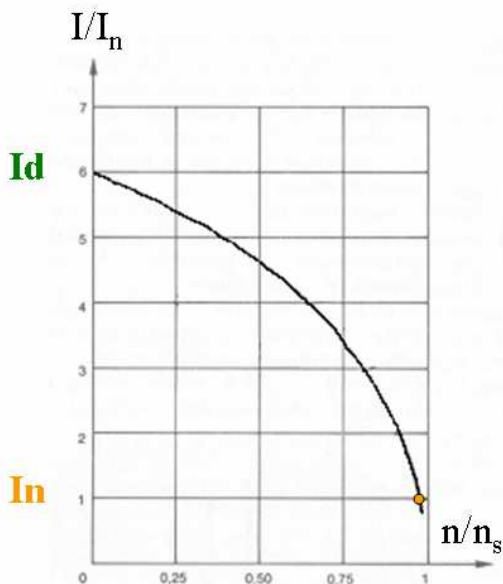
POINT DE FONCTIONNEMENT

Evolution du Couple moteur en fonction de la vitesse



Le couple maximum n'est pas obtenu au démarrage mais pour une vitesse de rotation égale à 75 % de la vitesse de synchronisme.

Point de fonctionnement du moteur



Le point de fonctionnement correspond au point d'intersection de la caractéristique $C_u = f(n)$ du moteur avec la caractéristique $C_r = f(n)$ du système entraîné.

INSTALLATION D'UN MOTEUR

Un départ moteur comprend un ensemble d'appareillages qui assurent la commande et la protection du moteur, ainsi que la protection du départ lui-même.

Quatre fonctions de base imposées par les normes, sont réparties entre les différents appareils.

Le sectionnement

Son rôle est d'isoler du réseau amont tous les conducteurs actifs, afin de permettre au personnel d'entretien, d'intervenir sans danger sur le départ et le moteur.

La protection contre les courts-circuits

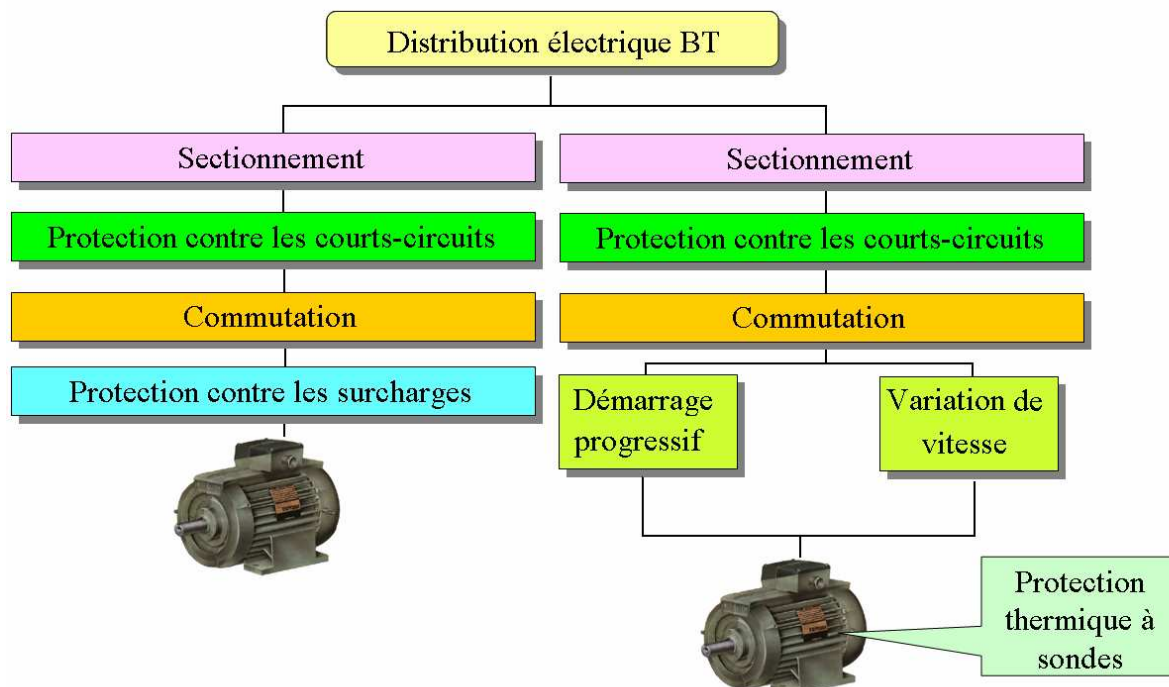
Détection, et coupure la plus rapide possible des courants élevés de court-circuit pour éviter la détérioration de l'installation.

La protection contre les surcharges

Détection des courants de surcharge et coupure du départ, avant que l'élévation de température du moteur et des conducteurs n'entraîne la détérioration des isolants.

La commutation

Commande du moteur manuelle ou automatique, compte tenu des surcharges au démarrage même à cadence élevée et pour une durée de vie importante.



DEMARRAGE

DEMARRAGE DIRECT

C'est un procédé de démarrage simple obtenu en un seul temps ; le stator du moteur est couplé directement sur le réseau. Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles avec une forte pointe d'intensité qui va provoquer une chute de tension.

La norme impose pour cette chute de tension une limite de

- $\pm 5\%$ sur le réseau public.
- $\pm 10\%$ sur un réseau privé.

Ce procédé est idéal dans la mesure où la pointe d'intensité est acceptable et si le couple initial de démarrage du moteur (fixé par le type de construction de son rotor et en général voisin de $1,5 C_n$) convient à la mise en route de la machine.

Ce dispositif permet de démarrer des machines même à pleine charge.

Il est particulièrement indiqué pour des machines de petite et moyenne puissance:

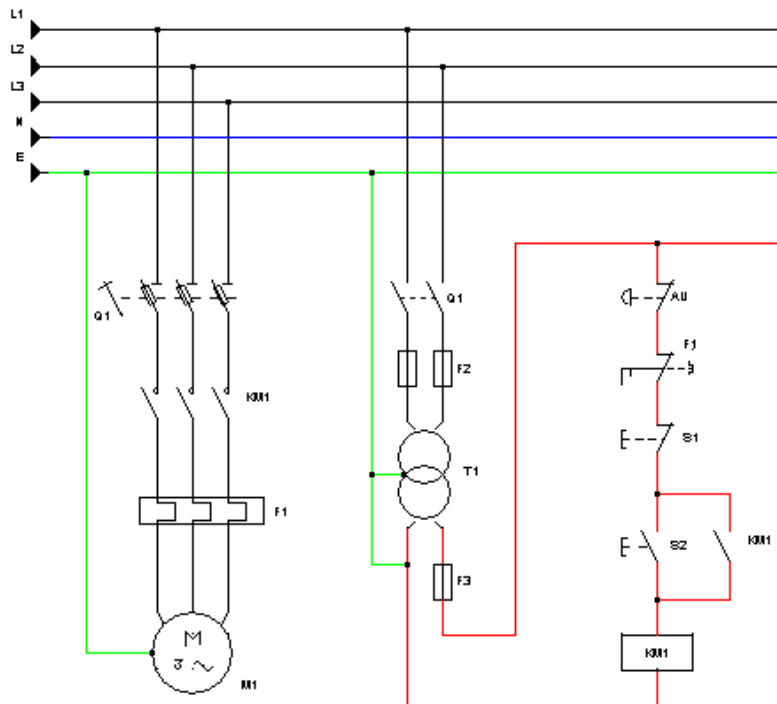
$$P < 6 \text{ KW}$$

Situation des départs terminaux

A condition de remplir les fonctions essentielles, on dispose de plusieurs solutions.

SOLUTION 1

Association Sectionneur ou Interrupteur , Fusibles , Contacteur , Relais thermique



Sectionneur porte fusibles

Il est actionné par l'intermédiaire d'une poignée de commande, placée indifféremment à droite ou à gauche, solidaire de la partie mobile.

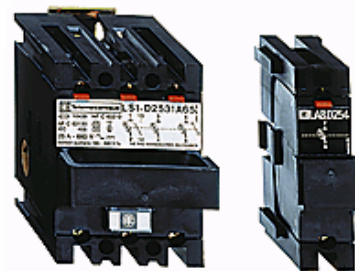
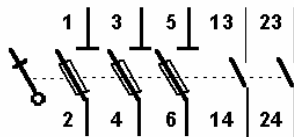
Il présente deux positions stables, correspondant l'une à la fermeture, l'autre à l'ouverture du circuit. En position "ouverture" il réalise la séparation des circuits commande et puissance avec une distance de sectionnement conforme à la norme NFC 63 130 - CEI 9473.

Il doit être manœuvré en l'absence de courant car il n'y a aucun pouvoir de coupure au niveau des pôles de puissance.

Les contacts auxiliaires incorporés sont de type pré coupure et doivent être obligatoirement insérés dans le circuit de commande des contacteurs.

Des broches de sectionnement ou des fusibles peuvent équiper les pôles de puissance.

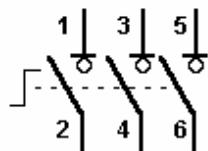
Un dispositif de verrouillage en position ouverture est prévu d'origine sur tous les sectionneurs.



Le fusible étant incorporé au sectionneur, le personnel est protégé lors d'un échange de fusible et le sectionneur est protégé en cas de court-circuit.

Interrupteur sectionneur

Il réalise la fonction sectionnement et permet la fermeture et la coupure manuelle d'un circuit en charge CEI 9473.



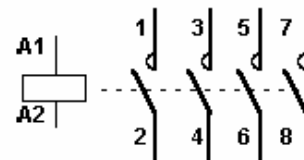
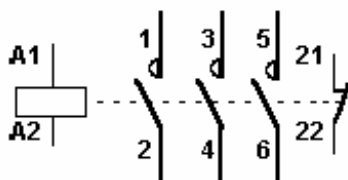
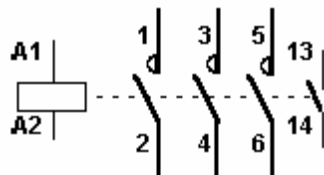
Contacteur

C'est un relais de puissance permettant l'ouverture ou la fermeture en charge d'un circuit de puissance.

NFC 63110 - CEI 9474 et 9471.

Il comprend:

- une bobine (en alternatif ou en continu).
- des pôles principaux (circuit de puissance).
- des contacts auxiliaires (circuit de commande).

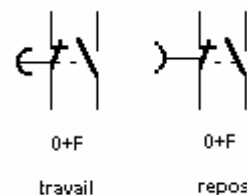


Les contacts auxiliaires

Ils assurent les auto-alimentations, les verrouillages ainsi que la signalisation dans les équipements d'automatisme.

Il en existe plusieurs versions:

- contact instantané à fermeture " F " ou " T " non passant au repos du contacteur et passant lorsque le contacteur est au travail. Il est souvent appelé "normalement ouvert".
- contact instantané à ouverture " O " ou " R " passant au repos du contacteur non passant lorsque le contacteur est au travail.
- contacts instantanés " OF " ou " RT " il y a un point mobile entre les deux contacts.
- contacts instantanés doubles " O + F " ou " R + T " pas de point commun il y a quatre bornes de raccordement.
- contacts temporisés " OF ou RT " les contacts se séparent un certain temps après la mise au travail ou la mise au repos du contacteur qui les actionnes.



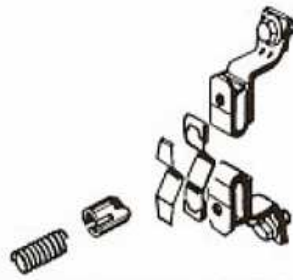
Les pôles principaux

Ils sont chargés d'établir ou de rompre le courant électrique sur le circuit de puissance. En conséquence, ils sont dimensionnés pour permettre le passage du courant nominal du contacteur en service permanent sans échauffement anormal.

Ils comportent une partie fixe et une partie mobile, cette dernière munie de ressorts qui transmettent une pression convenable au niveau des contacts. Ceux-ci sont soit à simple coupure soit à double coupure.

Les pôles sont généralement équipés de contacts argent-oxyde de cadmium, matériaux inoxydables dont la résistance mécanique et la résistance à l'arc sont remarquables.

Ils sont le plus souvent complétés par un dispositif facilitant l'extinction de l'arc qui prend naissance entre la partie fixe et la partie mobile, lorsque le contacteur " coupe en charge ".



Vue d'un pôle de contacteur à double coupure

Critères de choix d'un contacteur

Le choix d'un contacteur est fonction :

- de la nature et de la tension du réseau,
- de la puissance installée,
- des caractéristiques de la charge,
- des exigences du service désiré,

Il est aussi indispensable de tenir compte de l'endurance mécanique et de l'endurance électrique des pôles du contacteur.

Pour les services permanents ou des récepteurs autres que des moteurs, c'est le courant de pleine charge qui doit être considéré.

Définitions

Intensité nominale thermique

Valeur la plus élevée du courant (en alternatif valeur efficace) qu'un circuit de contact préalablement fermé est capable de supporter en permanence pour satisfaire aux règles relatives à l'échauffement.

Intensité de fermeture

Valeur la plus élevée du courant (en alternatif valeur efficace) qu'un contact peut établir.

Pouvoir de coupure

C'est la valeur la plus élevée du courant que le contacteur peut couper à sa tension nominale sans détérioration.

Il s'exprime en VA

V tension après coupure

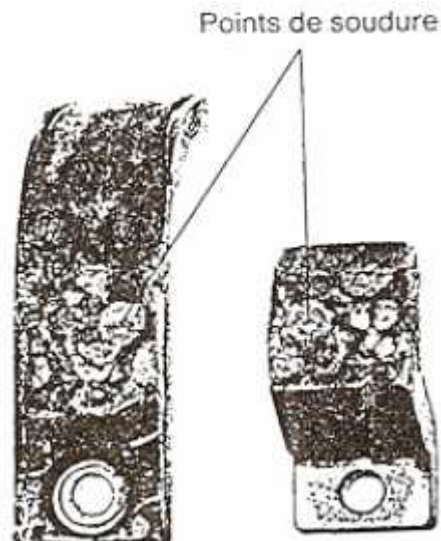
A courant avant coupure

Endurance mécanique

C'est le nombre de manœuvres à vide, c'est -à-dire sans courant traversant les contacts principaux, que le contacteur est susceptible d'effectuer sans aucun entretien.

Endurance électrique

C'est le nombre de manœuvres en charge que le contacteur est susceptible d'effectuer sans entretien, cette endurance dépend de la catégorie d'emploi, du courant nominal d'emploi et de la tension nominale d'emploi.



CATEGORIES D'EMPLOI

La catégorie d'emploi tient compte de la valeur des courants que le contacteur doit établir ou couper lors des manœuvres en charge.

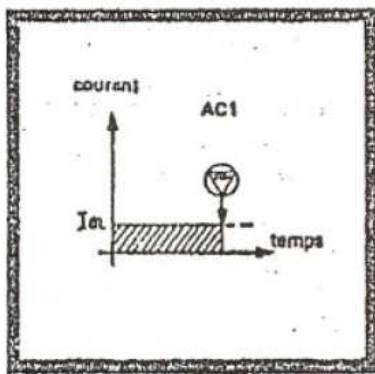
Elle dépend :

- de la nature du circuit contrôlé : moteur à cage, moteur à bagues, résistances de chauffage, éclairage;
- des conditions dans lesquelles s'effectuent les coupures : moteur lancé ou moteur arrêté.

Le tableau ci-contre résume les caractéristiques d'essais correspondant aux catégories d'emploi normales.

Ces trois diagrammes illustrent le tableau précédent. I_d est le courant de démarrage du moteur et le courant d'emploi en régime établi.

Applications caractéristiques ne concernant que le courant alternatif	Catégories	Conditions de fermeture et de coupure correspondant au fonctionnement normal			
		Fermeture		Coupure	
		I	U	I	U
Résistances (charges non inductives)	AC1	I_n	U_n	I_n	U_n
Moteurs à bagues coupure moteur lancé... coupure moteur arrêté...	AC'2 AC2	$2,5 I_n$ $2,5 I_n$	U_n U_n	I_n $2,5 I_n$	$0,4 U_n$ U_n
Moteurs à cage coupure moteur lancé coupure moteur arrêté...	AC3 AC4	$6 I_n$ $6 I_n$	U_n U_n	I_n $6 I_n$	$0,17 U_n$ U_n



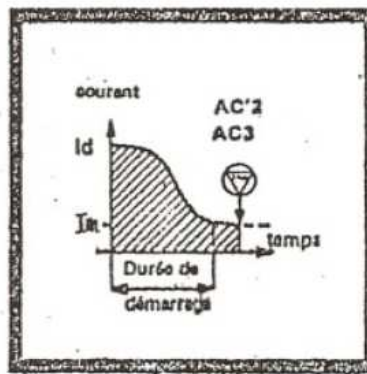
Catégorie AC1

Elle s'applique à tous les appareils d'utilisation à courant alternatif (récepteurs) dont le facteur de puissance est au moins égal à 0,95 ($\cos \varphi \geq 0,95$).

Catégorie AC'2

Elle concerne les moteurs à bagues, la coupure du courant s'effectuant moteur lancé.

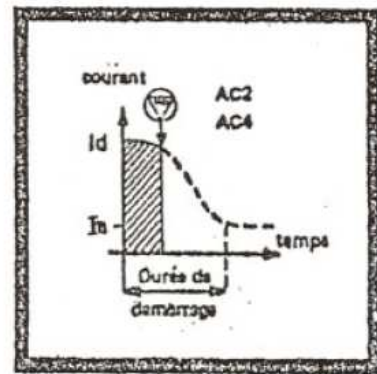
A la fermeture, le contacteur établit le courant de démarrage, voisin de deux fois



le courant nominal du moteur. La valeur exacte est fonction de la résistance du circuit rotorique.
A l'ouverture, le contacteur coupe le courant nominal du moteur. La tension qui apparaît à ses bornes est fonction de la force contre-électromotrice du moteur. La coupure est facile.

Catégorie AC2

Cette catégorie régit le démarrage, le frei-



nage en contre-courant ainsi que la marche par « à-coups » des moteurs à bagues ($\cos \varphi$ de 0,3 à 0,7).

A la fermeture, le contacteur établit le courant de démarrage, voisin de deux fois le courant nominal du moteur.

A l'ouverture, il doit couper le courant de démarrage sous une tension au plus égale à la tension du réseau. Tension d'autant plus élevée que la vitesse du moteur est faible et, de ce fait, sa force contre-électromotrice peu élevée. La coupure est difficile.

Catégorie AC3

Elle concerne les moteurs à cage dont la coupure s'effectue moteur lancé.

A la fermeture, le contacteur établit le courant de démarrage qui est de 6 à 7 fois le courant nominal du moteur.

A l'ouverture, il coupe le courant nominal absorbé par le moteur; à cet instant, la tension aux bornes de ses pôles est également de l'ordre de 20% de la tension du réseau.

En catégorie AC3, le nombre de manœuvres horaires peut être élevé. La coupure reste facile.

Catégorie AC4

Cette catégorie concerne le démarrage, le freinage en contre-courant et la marche par « à-coups » des moteurs à cage.

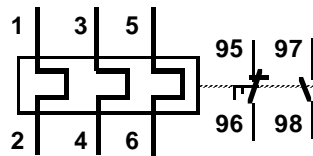
Le contacteur se ferme sous une pointe d'intensité qui peut atteindre 6 et même 7 fois le courant nominal du moteur. Lorsqu'il s'ouvre, il coupe cette même intensité sous une tension d'autant plus importante que la vitesse du moteur est faible. Cette tension peut être égale à celle du réseau. La coupure est soignée.

DETERMINATION DE LA
CATEGORIE D'EMPLOI D'UN CONTACTEUR

Relais thermique

Utilisables en alternatif et continu, ils sont destinés à assurer une protection thermique contre les surcharges faibles et prolongées. Ils sont en général:

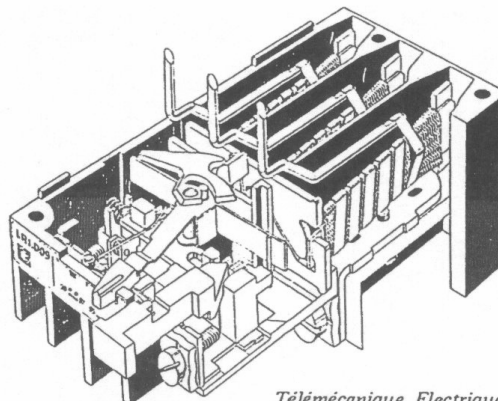
- **Tripolaires** utilisation en triphasé mais également en monophasé et en diphasé.
- **Compensés** en température donc insensibles aux variations de la température ambiante.
- **Différentiels** ils sont capables de détecter un déséquilibre ou une coupure de phase, donc la marche en monophasé du moteur qu'ils protègent (fusion d'un fusible ou coupure d'une des phases alimentant le moteur).



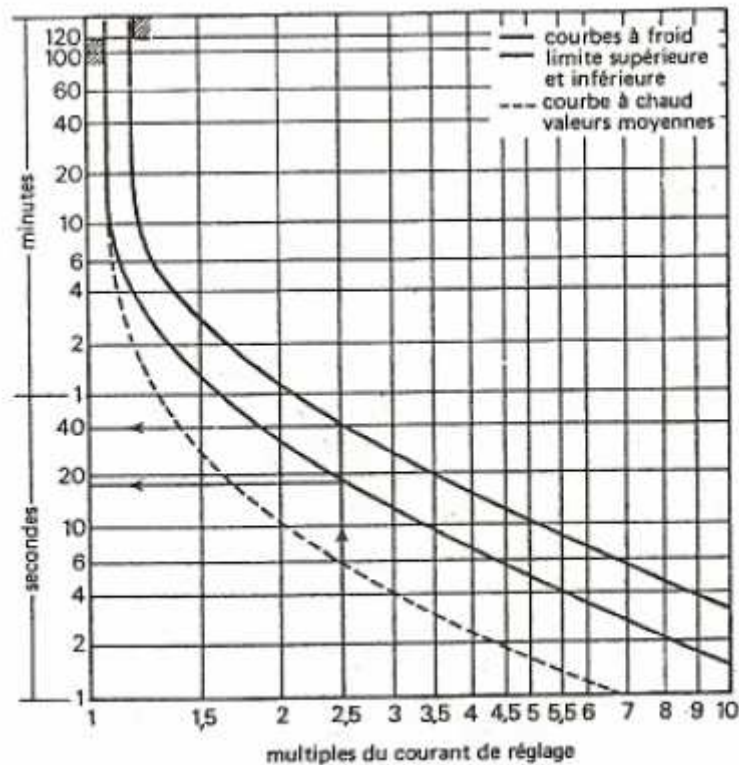
Chaque relais comprend trois bilames constituées chacune de deux métaux invar et ferronickel, dont le coefficient de dilatation est très différent. Un enroulement chauffant, raccordé en série avec chaque phase du moteur et dont la section est fonction de l'intensité à contrôler est bobiné sur chaque bilame et en provoque la déformation.

La bilame de compensation, indépendante des bilames principales et soumise uniquement à la température de l'air ambiant se déforme en fonction des variations de celle-ci. Montée en opposition avec les bilames principales, elles-mêmes influencées par les variations de la température ambiante, sa déformation compense celle de ces dernières. De ce fait, le déplacement que doit effectuer l'ensemble des éléments thermiques pour provoquer le déclenchement du relais est le même pour des variations de température comprises entre - 20 et + 70°C.

Le dispositif différentiel provoque le déclenchement du relais lorsque les courants traversant les trois bilames ne sont pas identiques. Le déclenchement est d'autant plus rapide que la différence est grande.



Télemécanique. Electrique



courbe de déclenchement d'un relais thermique

Fusibles

Les fusibles assurent une protection phase par phase avec un pouvoir de coupure important sous un petit volume. Ils se classent en deux catégories:

• Cartouches type distribution Classe gG

Ces cartouches fusibles d'usage général permettent à la fois la protection contre les court circuits et contre les surcharges pour les circuits qui ne présentent pas de pointes de courant importantes (chauffage par exemple).

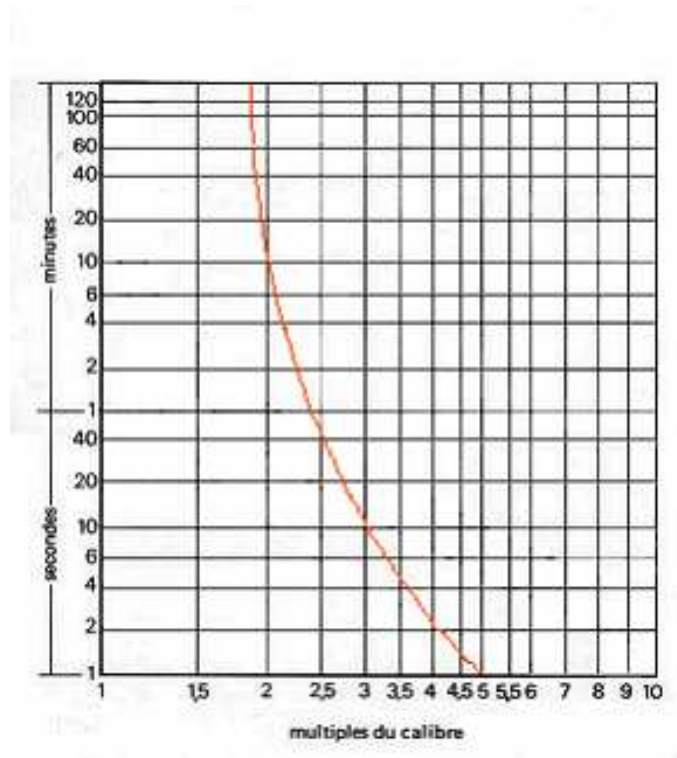
Le calibre de la cartouche doit être de la valeur immédiatement supérieure au courant de pleine charge du circuit protégé.

• Cartouches type moteur Classe aM

Elles sont destinées à assurer seulement la protection contre les court-circuits sur les appareils présentant de fortes pointes d'intensité comme les moteurs asynchrones il est indispensable que la protection contre les surcharges soit assurée par un autre appareil.

En effet une cartouche aM traversée par une intensité de 2 à 3 fois supérieure à son calibre chauffe mais ne fond pas.

Le calibre de la cartouche aM doit être choisie pour que son association avec l'élément de protection thermique assure une protection convenable à la charge.



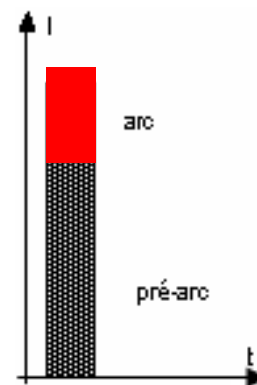
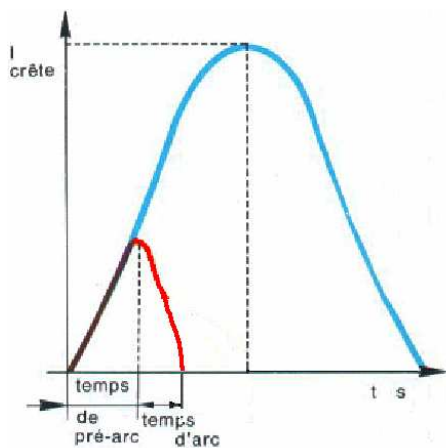
Courbe de fusion d'un fusible

Fonctionnement du fusible

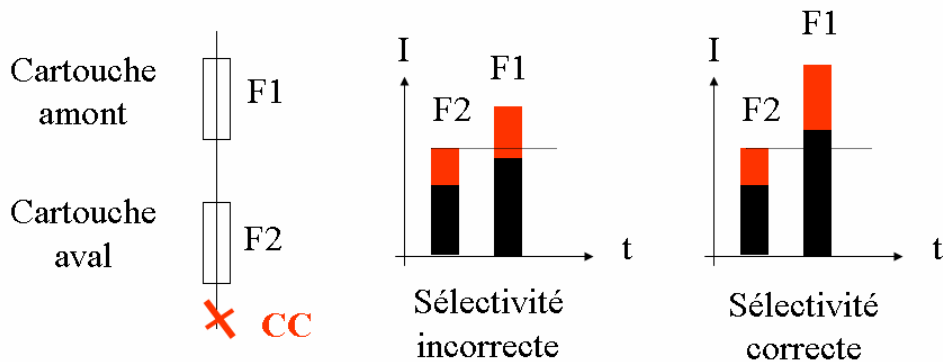
Quant un fusible coupe un court-circuit il existe deux périodes distinctes:

- Le temps de préarc est la période où le court-circuit qui se développe fait chauffer l'élément calibré sans que celui-ci atteigne son point de fusion, le phénomène est encore réversible.

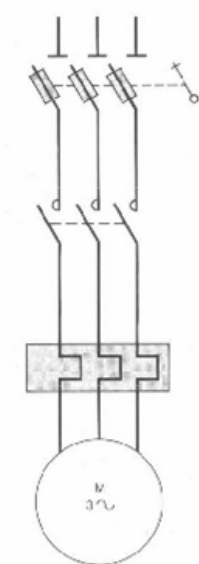
- Le temps d'arc est la période où l'élément calibré qui vient de se couper fond sous l'effet de l'arc électrique jusqu'à ce que les éléments entourant l'élément calibré éteignent l'arc électrique.



Pour avoir une bonne sélectivité des protections dans une installation il faut vérifier que la contrainte thermique de pré-arc du fusible amont soit supérieure à la contrainte thermique d'arc du fusible aval.



Association des protections



Sectionneur (Sectionnement)

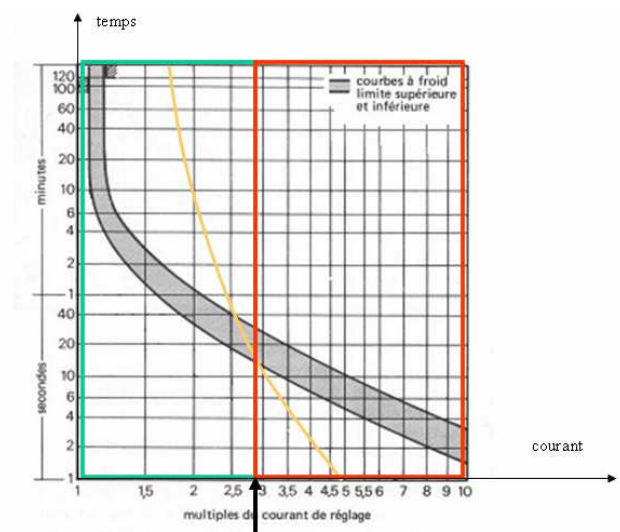
Fusibles (Protection contre les courts-circuits)

Contacteur (Commutation automatique à distance)

Relais thermique (Protection contre les surcharges)

Zone d'action du relais thermique
Ouverture du circuit en défaut par le contacteur

Zone d'action du Fusible
Ouverture du circuit en défaut par le fusible



Limite minimum du pouvoir de coupure du contacteur

Exercice

Une installation comprend quatre moteurs qui peuvent fonctionner simultanément.

On commande les pré-actionneurs par des boutons poussoirs.

On signale par un voyant la rotation du moteur.

On dispose d'un réseau 380 V triphasé avec le neutre et la terre.

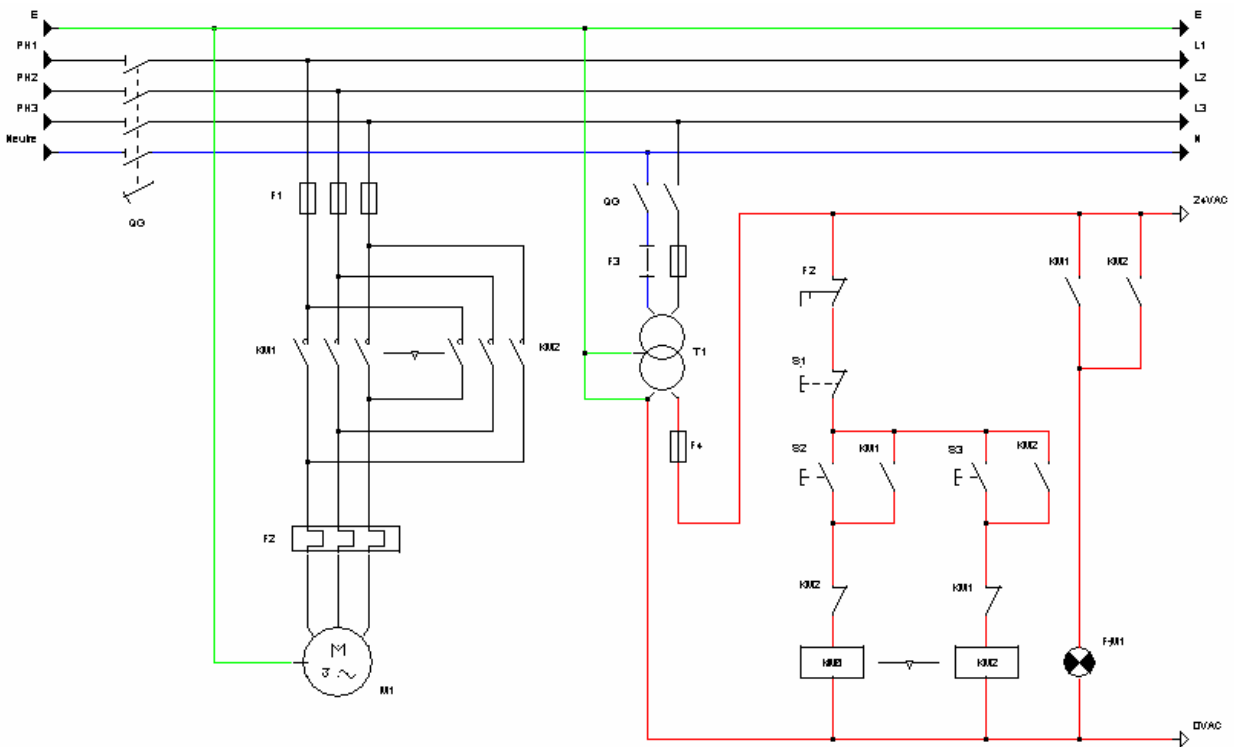
Le circuit de commande est alimenté en 24 V / 50 Hz.

Moteur M1

Référence **MJUK 90L4**

220 / 380 V

démarrage direct deux sens.



SOLUTION 2

Association Sectionneur-disjoncteur, Contacteur, Relais thermique

Sectionneur - disjoncteur

Il réalise l'isolement et la protection contre les C C des départs moteurs jusqu'à 37 KW sous 380 V.



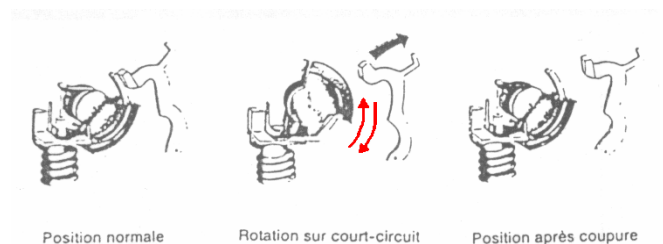
Principe de fonctionnement

Chaque pôle comporte outre les contacts (fixe et mobile) une bobine avec noyau plongeur et un écran rotatif lié mécaniquement au noyau plongeur.

Lors de l'apparition d'un court-circuit, le noyau plongeur est brutalement attiré et l'écran vient s'interposer entre les deux contacts.

Avantages de cette solution:

- coupure ultra rapide 2,3 ms.
- extinction de l'arc électrique dès sa naissance.
- impossibilité de soudure des pôles.



Sécurités

Visualisation de l'état de fonctionnement de 2 façons:

- position du bouton de commande.
- visualisation directe de l'état des contacts.

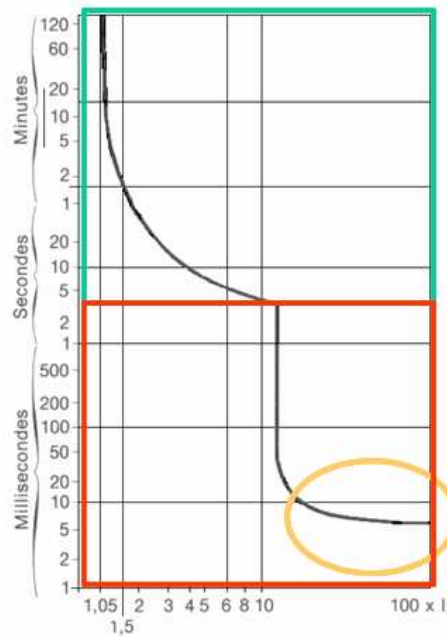
Sécurité omnipolaire, le déclenchement d'un pôle provoque instantanément l'ouverture des autres.

Dispositif de consignation / cadenassage en position sectionnée.

Dialogue avec les automatismes par blocs de contacts auxiliaires:

- indication marche/arrêt.
- indication déclenchement sur défauts.

Seuil de déclenchement magnétique = 13 fois le calibre.



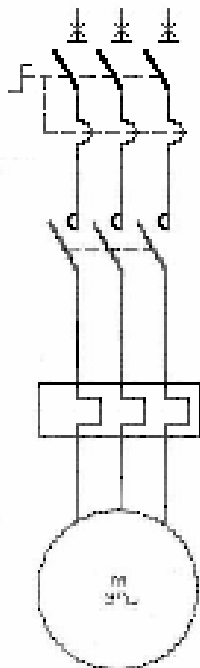
Zone de protection thermique

Zone de protection magnétique

Effet limiteur

Courbe de déclenchement

Association des protections



Sectionneur-disjoncteur :

- Sectionnement
- Protection contre les CC

Contacteur

- Commutation automatique à distance

Relais thermique

- Protection contre les surcharges

Exercice

Les caractéristiques de l'installation sont celles de la solution 1

Moteur M2

Référence **MJUK 132S4**
380 / 660 V
démarrage direct un sens.

Pour le contacteur, on désire une durée de vie électrique de 0,5M minimum, il sera en service mixte avec:

- 1/3 des coupures en AC4*
- 2/3 des coupures en AC3*

SOLUTION 3

Association Disjoncteur-moteur magnéto-thermique, Contacteur

Disjoncteur - moteur magnéto - thermique

Ils protègent les moteurs contre les surcharges et les surintensités, ils sont modulaires:

\$ disjoncteur moteur GV1- M**

protection des moteurs jusqu'à 11 KW en 380 V.

gamme de courant thermique de 0,1 à 25 A.

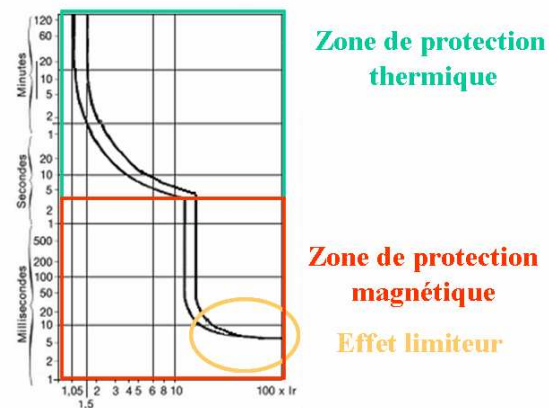
pouvoir de coupure magnétique de 5 à 100 KA.

\$ additif limiteur 100 KA GV1- L3

\$ déclencheur à minimum de tension GV1-B**

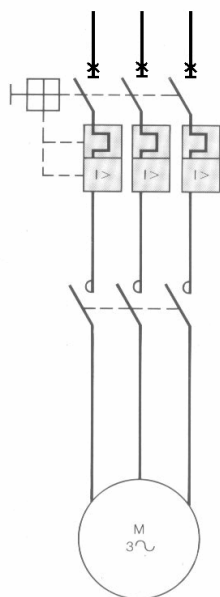
\$ déclencheur à émission de tension GV1-D**

\$ dispositif de cadenassage du bouton marche GV1-V02



Courbe de déclenchement

Association des protections



Disjoncteur-moteur

- Sectionnement
- Protection contre les CC
- Protection contre les surcharges

Contacteur

- Commutation automatique à distance

Exercice

Les caractéristiques de l'installation sont celles de la solution 1

Moteur M3

Référence **MJTL 160 Mr2**
220 / 380 V
démarrage direct deux sens.

Pour les contacteurs en service AC3, on désire une durée de vie électrique de 5M minimum.

SOLUTION 4

Contacteur disjoncteur intégral

Il réalise à lui seul un départ moteur complet .Il intègre dans un encombrement réduit, l'ensemble des fonctions nécessaires aux circuits terminaux jusqu'à 63 A conformément aux normes en vigueur.

Sectionnement

Il est effectué par les pôles principaux LD1 ou par des pôles spécifiques LD4. Dans ce dernier cas on peut verrouiller en position sectionnée par cadenassage.

Contacteur

Emploi jusqu'à 30 KW sous 380 V / 50 Hz en catégorie AC3.

Module magnéto-thermique

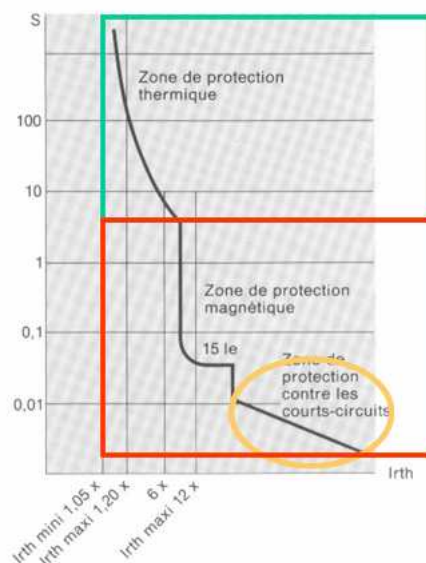
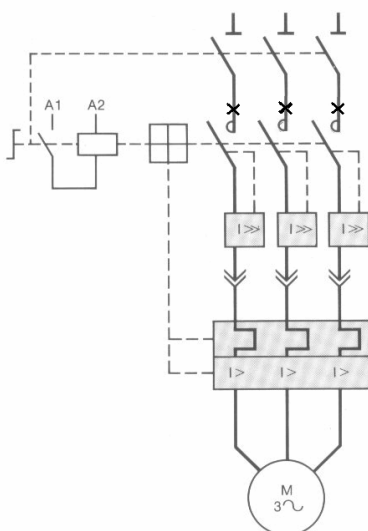
Une gamme de modules interchangeables permet l'adaptation de la protection contre les surcharges et les surintensités moyennes à la puissance du moteur.

Disjoncteur-limiteur

Pour la protection contre les court-circuits,son pouvoir de coupure est de 50 KA efficaces en 1,7 ms sous 380 V 50 Hz.

Blocs additifs

Ils permettent d'assurer une signalisation complète, un réarmement électrique à distance, un déclenchement à minimum de tension ou à émission de tension.



Zone de protection thermique

Zone de protection magnétique

Effet limiteur

Courbe de déclenchement

Exercice

Les caractéristiques de l'installation sont celles de la solution 1

Moteur M4

Référence **MJUK 90 L2**
380 / 660 V
démarrage direct un sens.

DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE

Ce démarrage ne peut s'appliquer qu'aux moteurs dont le couplage triangle correspond à la tension du réseau

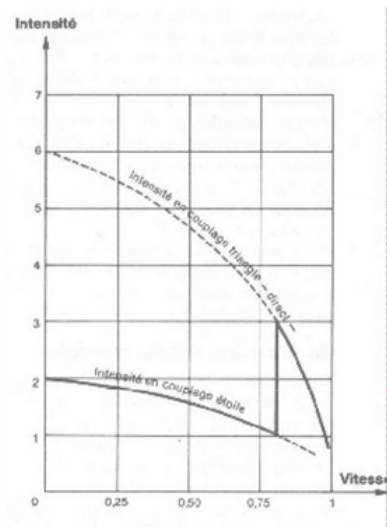
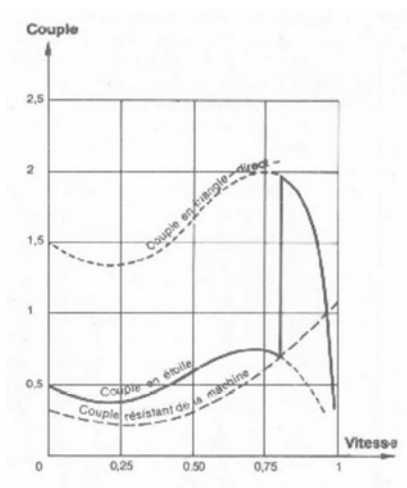
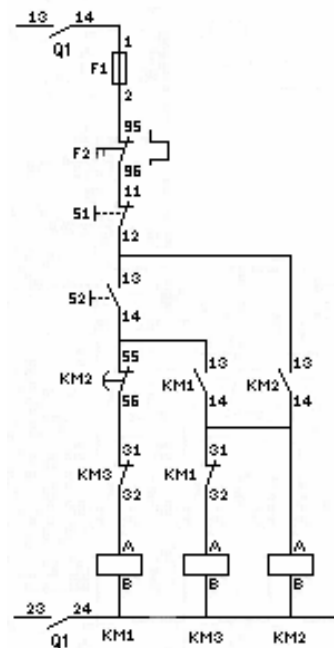
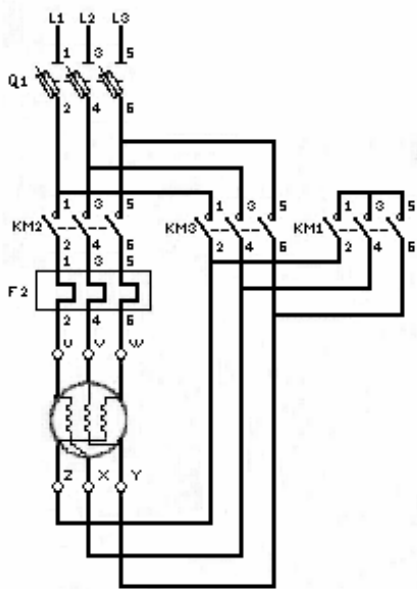
Le procédé consiste à démarrer le moteur en étoile, le couple et le courant de démarrage sont alors divisés par trois.

Le démarrage étoile-triangle convient donc bien aux machines démarrant à vide ou à couple résistant de type parabolique.

Au second temps, la suppression du couplage étoile est suivie du couplage triangle. Chaque enroulement est alors alimenté sous la pleine tension du réseau, le moteur rejoint ses caractéristiques naturelles.

Il faut remarquer que le courant est discontinu dans les bobinages du moteur, en effet il est interrompu quand on passe du couplage étoile au couplage triangle. Etant donné les caractéristiques très inductives des enroulements, le passage de l'étoile au triangle s'accompagne de pointes de courant transitoires très importantes.

Au delà de 30 KW il est conseillé d'utiliser un autre moyen de démarrage.



Exercice

Détermination pour le moteur **MJUK 100 Lr4**

- de la protection contre les surcharges,
- de la protection contre les CC.

DEMARRAGE PAR DEMAREUR STATIQUE

A l'aide d'un gradateur de puissance on contrôle pendant la phase de démarrage la montée progressive de la tension appliqué au moteur.

On ne travaille que sur la tension, la fréquence est maintenue constante.

La montée progressive de la tension de sortie peut être, soit contrôlée par une rampe d'accélération, soit asservie à la valeur du courant de limitation.

Dans certains cas le démarreur statique peut aussi contrôler la phase d'arrêt il est alors démarreur ralentisseur il assure:

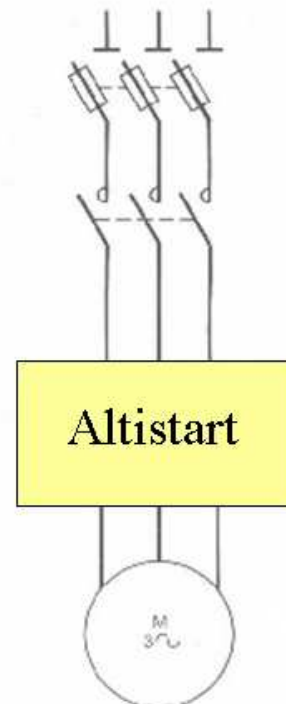
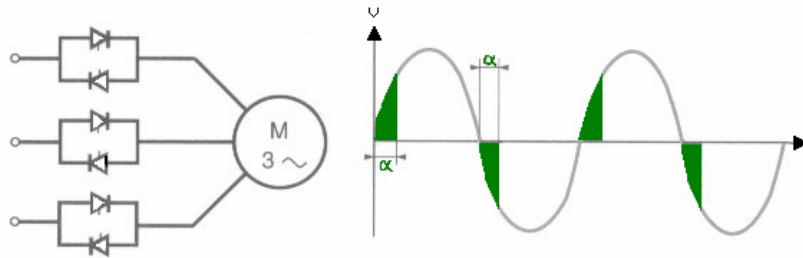
§ le démarrage en douceur du moteur asynchrone triphasé à cage, sans les à-coups mécaniques et sans pointe de courant.

§ l'arrêt en douceur ou l'arrêt freiné du moteur.

Dans tous les cas il doit être monté en série avec un organe de coupure et de protection contre les courts-circuits, la protection thermique est intégrée au démarreur.

Le dialogue opérateur est réalisé par:

- un ensemble de voyants de couleurs différentes permettent de suivre l'état du cycle.
- des contacts de relais permettent de faire de l'alarme ou de la surveillance déportée (API).

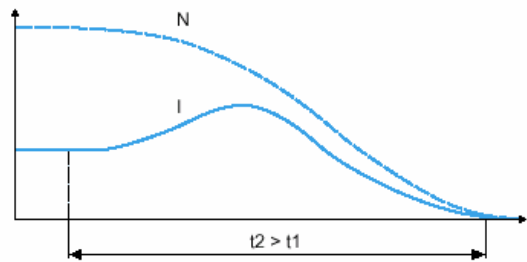


Caractéristiques:**Démarrage**

- Courant de démarrage réglable de 2 à 5 fois le courant nominal du moteur
- Rampe d'accélération réglable de 1 à 30 secondes
- Possibilité de démarrer avec l'option "bosster"

Arrêt

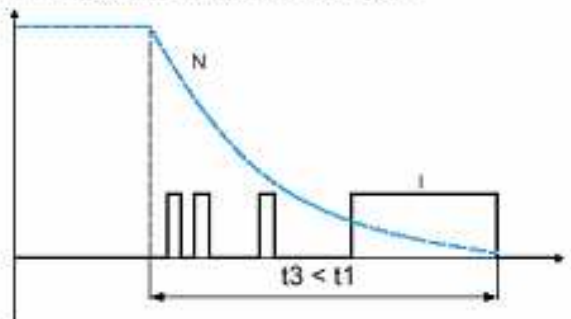
- Arrêt naturel par coupure de l'alimentation
- Ralentissement avec rampe de décélération réglable de 2 à 60 secondes

Rampe de décélération

Arrêt contrôlé du moteur en un temps t_2 .

t_1 = temps d'arrêt en "roue libre", fonction de l'inertie et du couple résistant.

Freinage par injection de courant continu réglable de 0.5 à 30 secondes

Freinage par contrôle de couple**Protections intégrées**

- Protection thermique du moteur
- Protection thermique du démarreur
- Détection des déséquilibres et absence de phases

Performances

Permet le contrôle de moteurs asynchrones triphasés de 1.5 KW à 800 KW.

DEMARRAGE PAR RESISTANCES ROTORIQUES

moteurs à bagues

Les couplages électriques des enroulements statoriques vis-à-vis du réseau ne sont pas modifiés au cours du démarrage.

On insère dans le circuit rotorique un ensemble de résistances qui seront ensuite court-circuitées progressivement.

La valeur des résistances permet d'ajuster le couple et le courant à la valeur désirée.

Pas de phénomènes transitoires pendant le démarrage mais il y a dissipation dans les résistances.

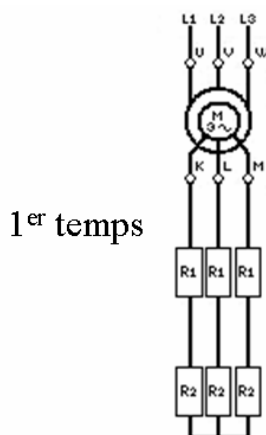
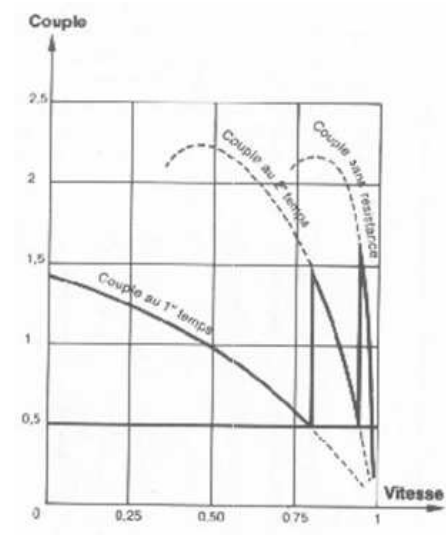
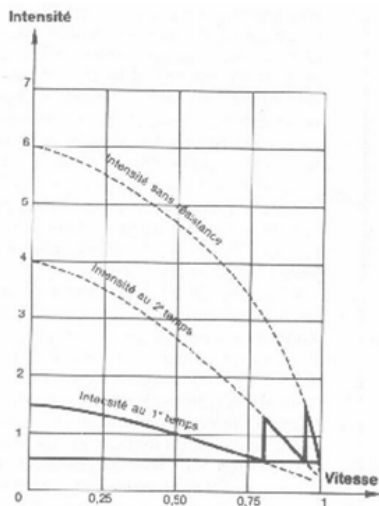
Le courant absorbé est sensiblement proportion-nel au couple fourni.

Valeurs typiques:

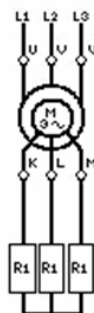
$$I_d = 2 I_n$$

$$C_d = 2 C_n$$

Le moteur à bagues, avec démarrage rotorique, s'impose chaque fois que l'on doit démarrer des machines en charge avec une pointe de courant limitée.



1^{er} temps



2^{em} temps



3^{em} temps

FREINAGE

FREINAGE PAR ELECTRO-FREIN

L'arbre transmetteur du mouvement est bloqué par un dispositif actionné par un électro-aimant. Le moteur est alors désigné "moteur frein".

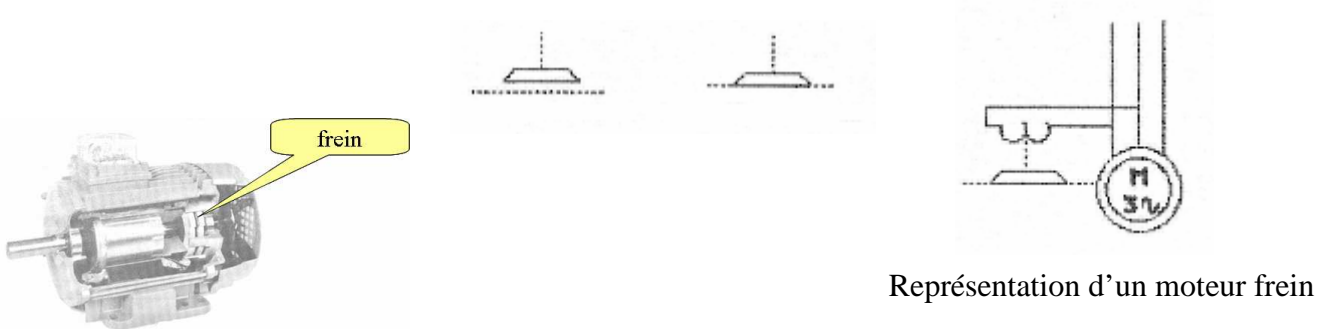
Suivant le mode d'alimentation, on distingue des freins à manque de courant (l'arbre est bloqué en l'absence de l'alimentation), et à émission de courant (l'arbre est libre en absence d'alimentation).

Mécaniquement ils sont à bande ou a machoire.

REMARQUES:

1) Attention quand l'alimentation du frein ne peut pas être liée directement à celle du moteur (vitesse variable).

2) Attention quand l'alimentation du frein est en monophasé (coupure de phase avec charge entraînée).

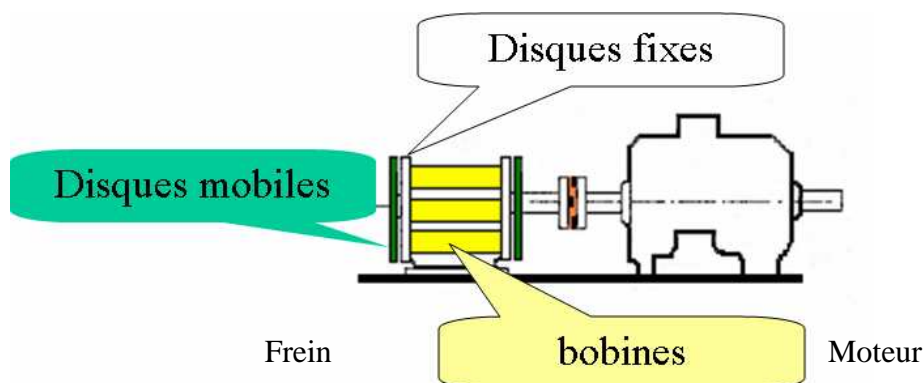


FREINAGE PAR FREIN A COURANT DE FOUCAULT

En réglant l'intensité d'excitation du frein on module son action, celle ci diminue avec la vitesse de rotation du frein.

Le frein à courant de foucault ne permet pas de tenir l'arrêt c'est un ralentisseur.

L'échauffement des disques est important, d'où nécessité d'une ventilation efficace

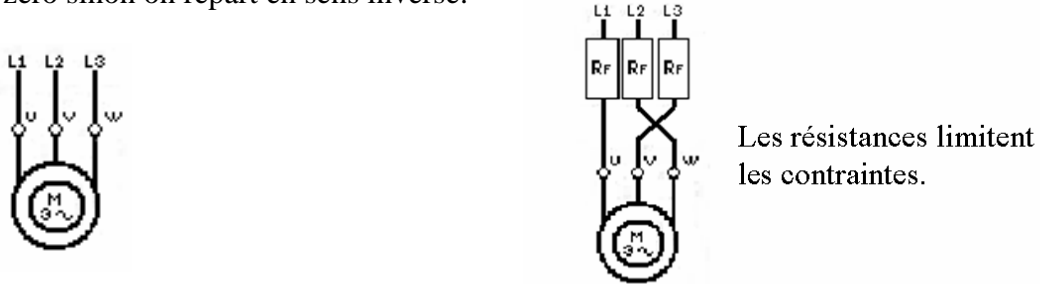


FREINAGE PAR CONTRE COURANT

Après avoir isolé le moteur du réseau, alors qu'il tourne encore, on le reconnecte sur le réseau en ayant permuté deux phases. Ce mode de freinage est très efficace mais il impose des contraintes mécaniques et thermiques importantes. Il est réservé aux arrêts de sécurité AU.

Pour limiter les contraintes on peut mettre en série avec le stator (moteur à cage) ou avec le rotor (moteur à bagues) des résistances pendant la période de freinage.

Un dispositif doit contrôler l'arrêt du moteur pour couper le freinage au moment où la vitesse approche le zéro sinon on repart en sens inverse.



Il est réservé aux arrêts de sécurité AU!

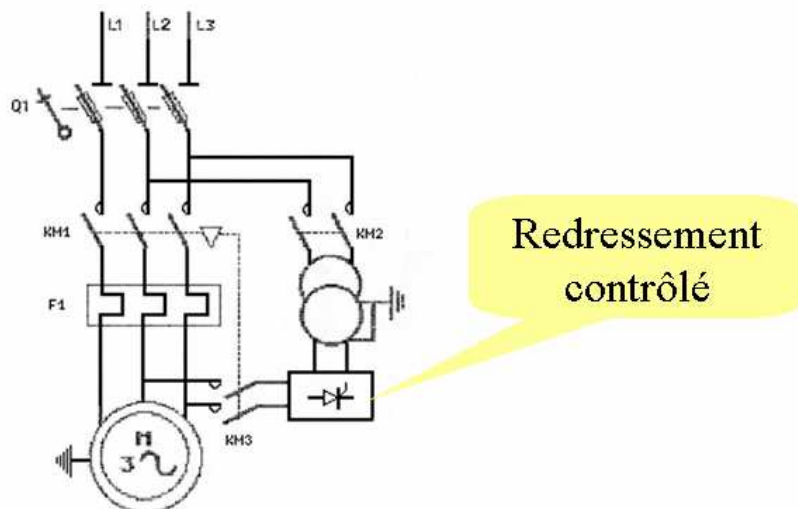
FREINAGE PAR INJECTION DE COURANT CONTINU

On injecte dans le stator préalablement séparé du réseau du courant continu. Il va créer un champ magnétique fixe dans l'espace donc développer dans le rotor qui tourne des courants induits de freinage.

Pour que le freinage soit convenable le courant continu injecté doit être environ 1,3 In ,sa valeur module l'efficacité du freinage.

Le moteur avec ce type de freinage ne repart pas en sens inverse (sauf si la charge est entrainante).

Pour éviter les échauffements inutiles,il est conseillé de couper le courant dans le moteur une fois le freinage réalisé.



FREINAGE PAR SYSTEMES ELECTRONIQUES

Beaucoup de systèmes qui permettent de régler la vitesse d'un moteur sont capables de procurer un couple de freinage (voir paragraphe sur les variateurs).

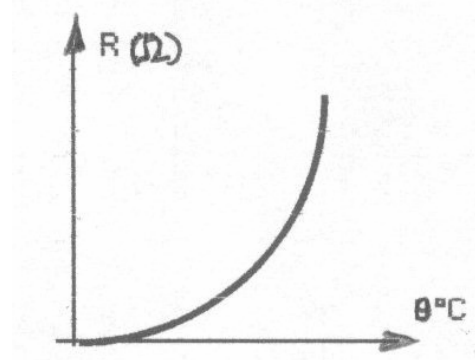
PROTECTION PAR SONDES THERMIQUES

Chaque fois que la protection thermique par la mesure du courant absorbé est insuffisante (démarrages fréquents, travail au point nominal à basse vitesse, etc.). Il faut tenir compte de la température réelle du bobinage du moteur, pour cela il est nécessaire à la construction du moteur d'insérer dans les têtes de chaque bobinage des éléments qui vont réagir à la température

THERMISTANCES CTP

La valeur ohmique de la thermistance augmente avec la température cette variation n'est pas linéaire elle dépend fortement de sa fabrication. Associées en série elles doivent être reliées à un interface de puissance qui va délivrer un signal tout ou rien en fonction de la température normale ou anormale des bobinages du moteur.

Le montage doit être complété pour une bonne protection du circuit par un relais thermique.



PASTILLES BIMETALLIQUES

Lorsque la température atteint la valeur de réglage la courbure de la pastille s'inverse brusquement et vient établir le contact réalisant la fermeture du circuit. Les détecteurs sont couplés en parallèle et ici aussi il est nécessaire de passer par un dispositif amplificateur de l'information.

