



Université Internationale
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

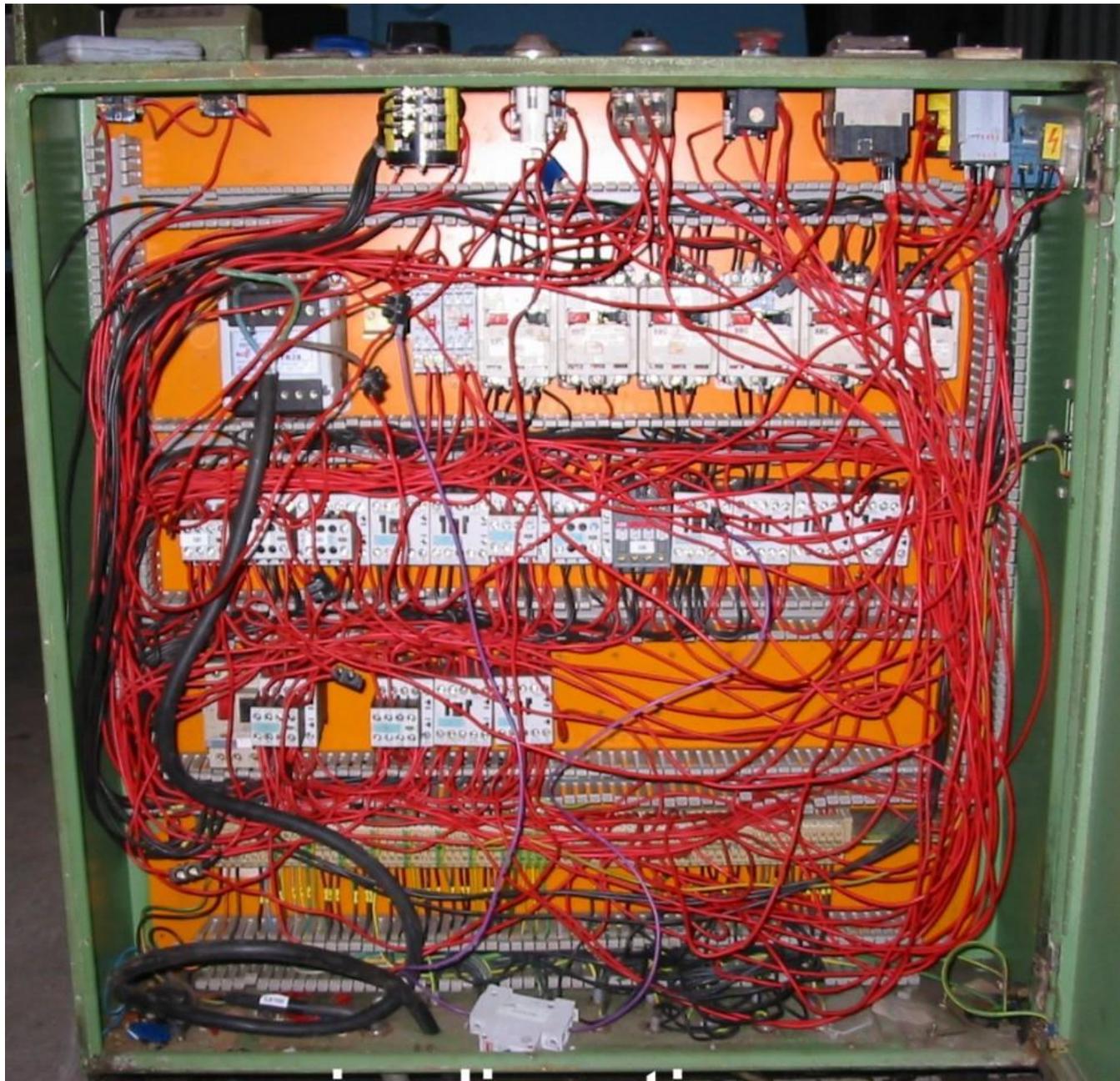
Constructions Électriques

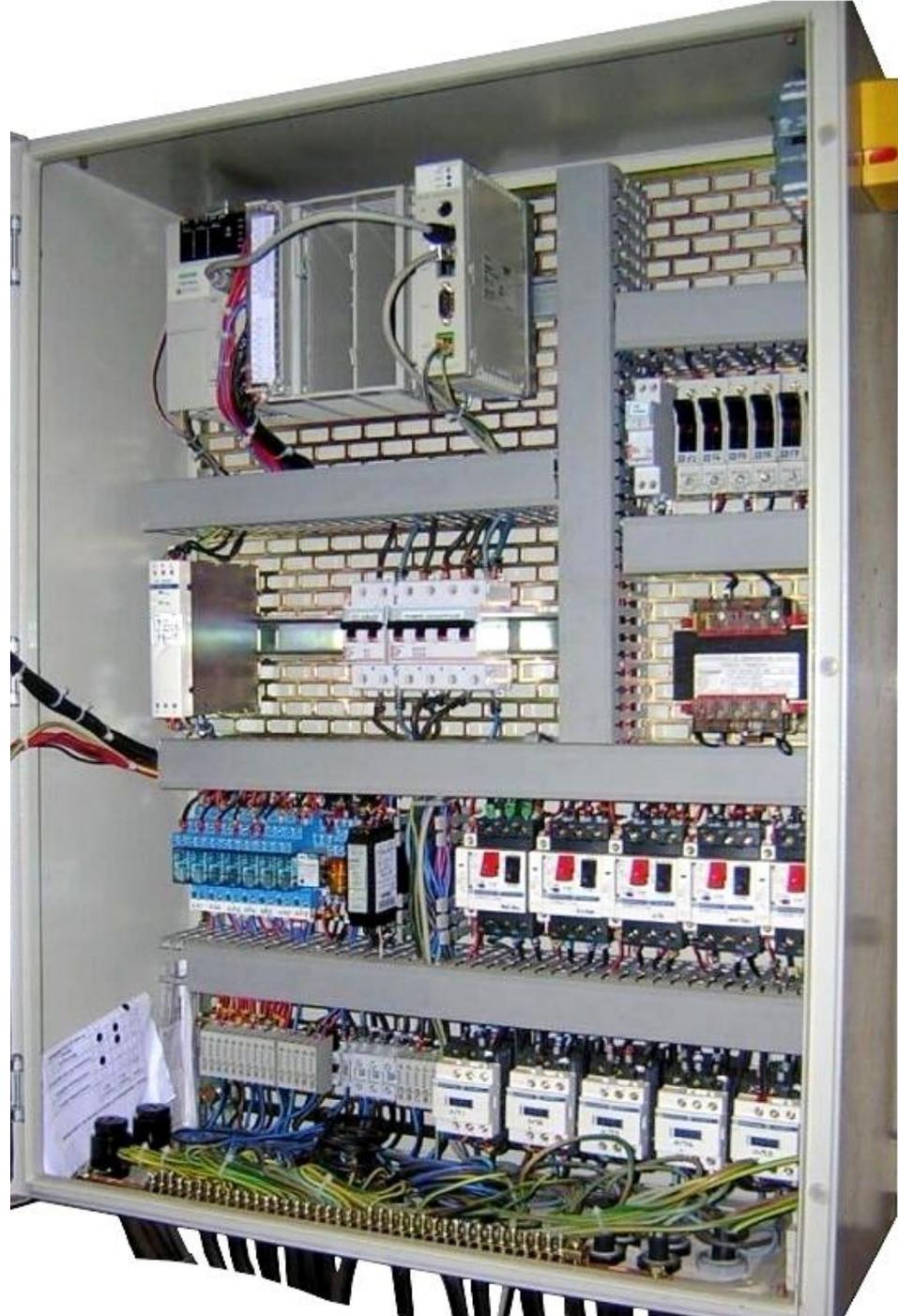
Cours / TD

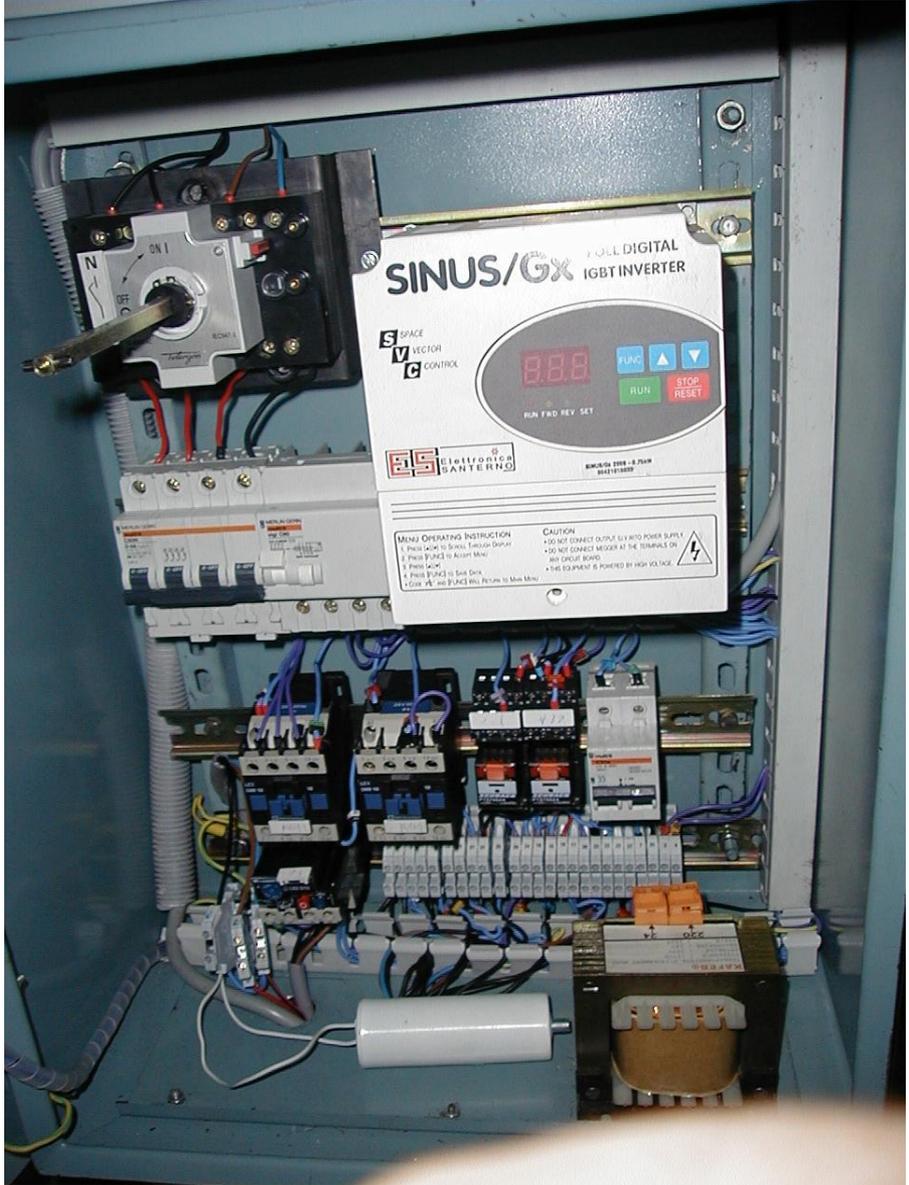
1^{ère} année Génie Mécanique

1^{ère} année Génie Industriel

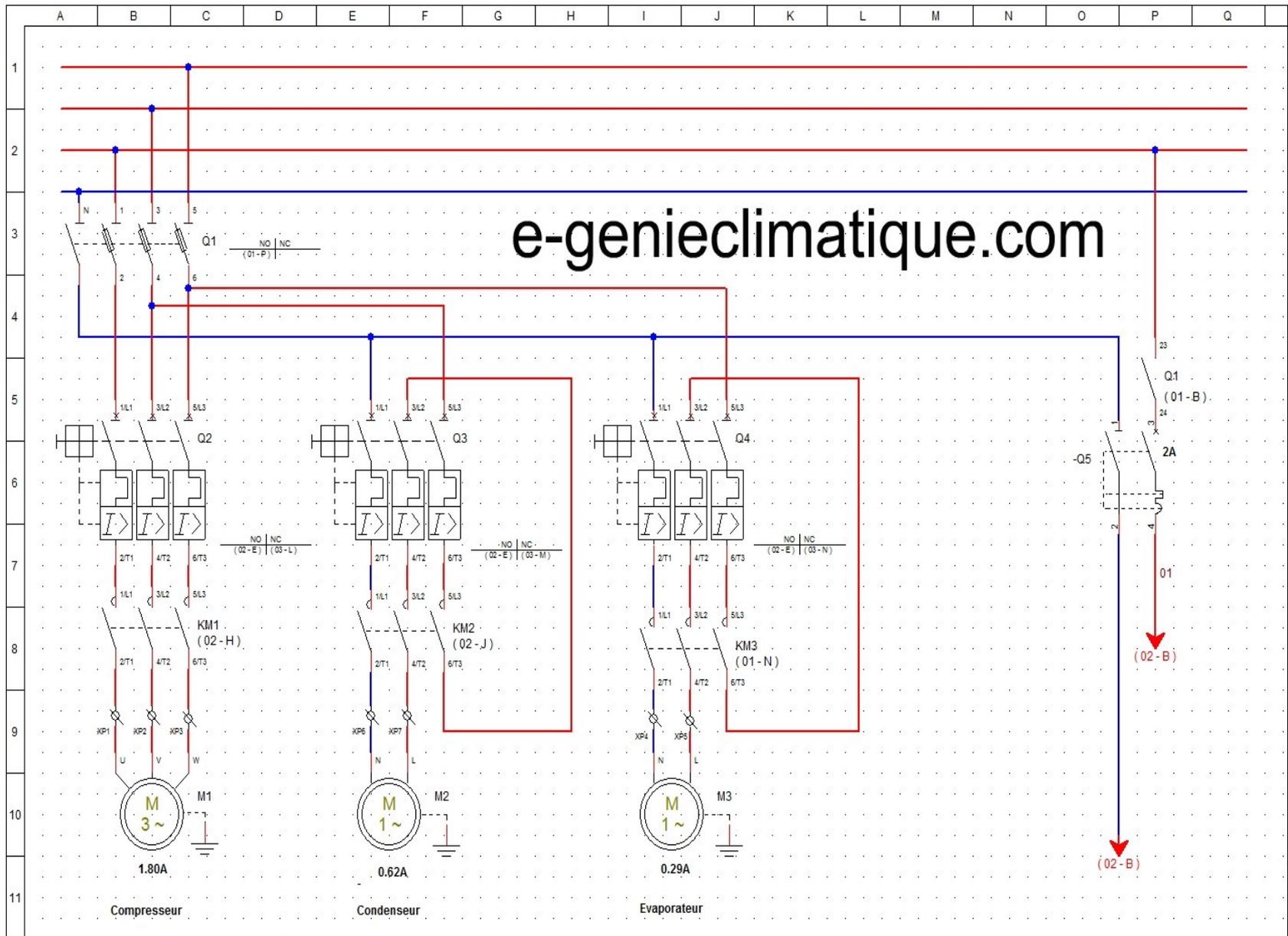
Professeur responsable : F. EL MARIAMI







e-genieclimatique.com



MDF-2012 Chambre froide positive	-Groupe de condensation - compresseur hermétique - montage 1 - horloge de dégivrage	Dessiné le : 2012-05-20 Modifié le : Par : e-genieclimatique.com	01
	Puissance		03

Constructions électriques

Cours / TD / TP

Plan du cours

- I- Rappels sur le transport de l'énergie électrique
- II- Fonctions de l'appareillage électrique
- III- Schémas électriques
- VI- Commande des moteurs électriques

Constructions électriques

Cours / TD / TP

Plan du cours

V- Comportement du moteur au démarrage

1 : Démarrage direct

2 : Démarrage étoile triangle

3 : Démarrage statorique

4 : Démarrage par autotransformateur

5 : Démarrage rotorique

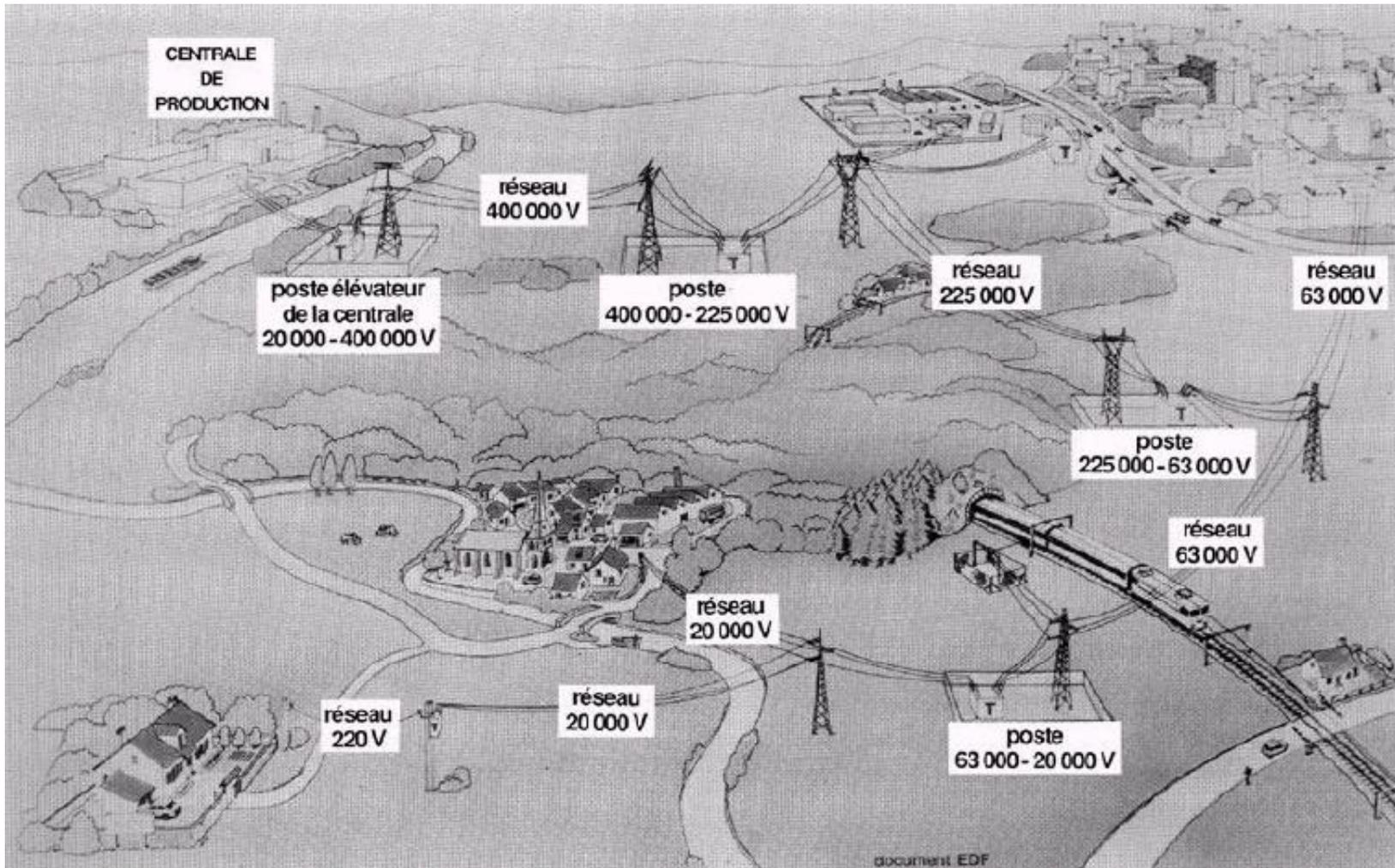
6 : Vérification des démarrages

I- Rappels sur le transport de l'énergie électrique

L'électricité est un agent énergétique lié à la puissance. Selon la tension d'exploitation, on distingue les réseaux suivants :

- THT : 225 ou 400 kV
- HT : 50 à 150 kV (63 ou 150 kV)
- MT : 1 à 30 kV (20 ou 22 kV)
- BT : 50 V à 1 kV (230 ou 400 V)
- TBT : < 50 V (24 ou 48 V)

I- Rappels sur le transport de l'énergie électrique



Transport, répartition et distribution de l'énergie électrique

I- Rappels sur le transport de l'énergie électrique

DOMAINE DE TENSION	COURANT ALTERNATIF	COURANT CONTINU
TBT	$U \leq 50$ volts	$U \leq 120$ volts
BT	$50 < U \leq 1000$ v	$120 < U \leq 1500$ v
HTA	$1000 < U \leq 50$ kV	$1500 < U \leq 75$ kV
HTB	$U > 50$ kV	$U > 75$ kV

DOMAINES DE TENSION

Décret n° 88-1056

II- Fonction de l'appareillage électrique

Toute personne amenée à travailler avec du matériel électrique peut être confrontée à un accident d'origine électrique de conséquences lourdes. Pour cela, il faut connaître et appliquer les principes de base de la sécurité électrique afin de limiter les risques électriques. Seules les personnes habilitées doivent intervenir sur les ouvrages électriques.



II- Fonction de l'appareillage électrique

Lors des travaux pratiques :

- Commencer toujours par câbler la commande et ensuite la puissance,
- Ne pas câbler sous tension, et à chaque intervention couper l'alimentation de la commande et de la puissance.
- Utiliser des outils adaptés (tournevis et pinces isolés)
- Protéger les circuits contre les surintensités

II- Fonction de l'appareillage électrique

Pour qu'une installation électrique soit conforme aux normes, elle doit comporter les quatre fonctions suivantes :

1. Fonction sectionnement
2. Fonction commutation ou commande
3. Fonction protection contre les surcharges
4. Fonction protection contre les courts circuits

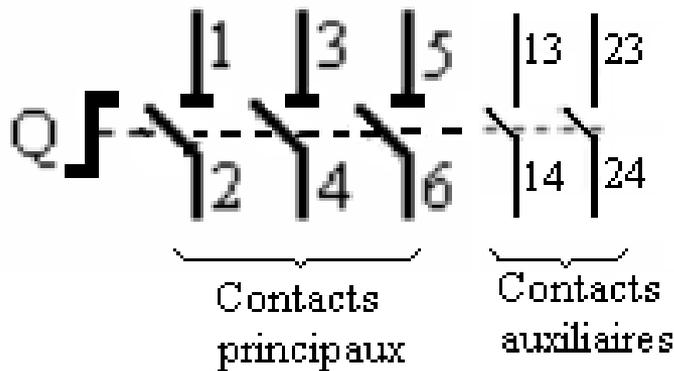
Ces différentes fonctions sont assurées par l'appareillage électrique.

II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

1- Sectionneur :

Un sectionneur est un appareil destiné à ouvrir et à fermer un circuit à vide. Le sectionneur n'est pas destiné à couper en charge, son rôle est d'établir une coupure visible du circuit.



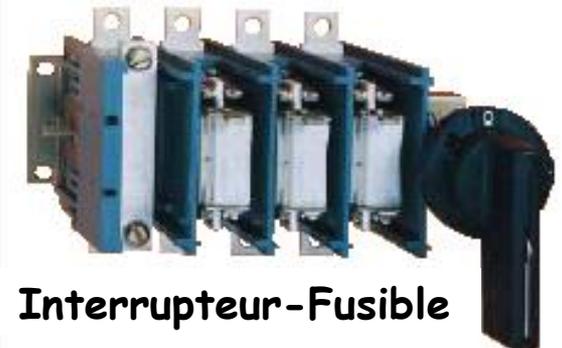
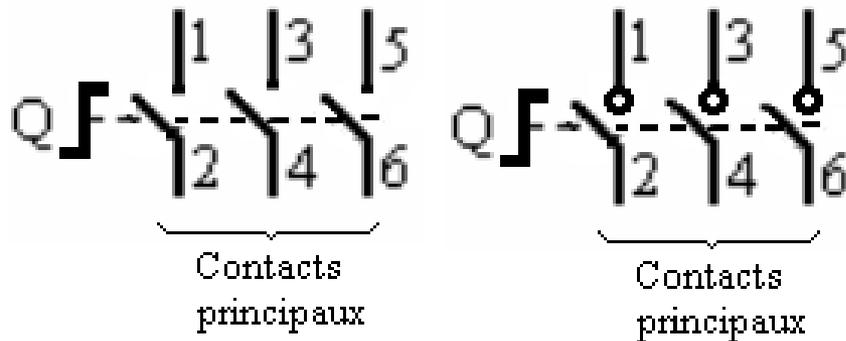
II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

2- Interrupteur :

C'est un appareil qui permet la fermeture et l'ouverture d'un circuit en charge. Ses contacts sont dimensionnés pour couper le courant nominal de l'installation.

L'interrupteur peut être fermé sur des courts-circuits donc il doit avoir **le pouvoir de fermeture nécessaire**.



II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

3- Contacteurs :

Le contacteur est un appareil qui commande électro- magnétiquement l'ouverture et la fermeture d'un circuit en charge, grâce à la **bobine de commande**.

si la bobine est alimentée (**excitée**) le contacteur s'enclenche.

si la bobine est hors tension (**désexcitée**) le contacteur se déclenche.

II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

3-1- Contacteur principal :

- Bobine de commande
- Contacts principaux
- Contacts auxiliaires

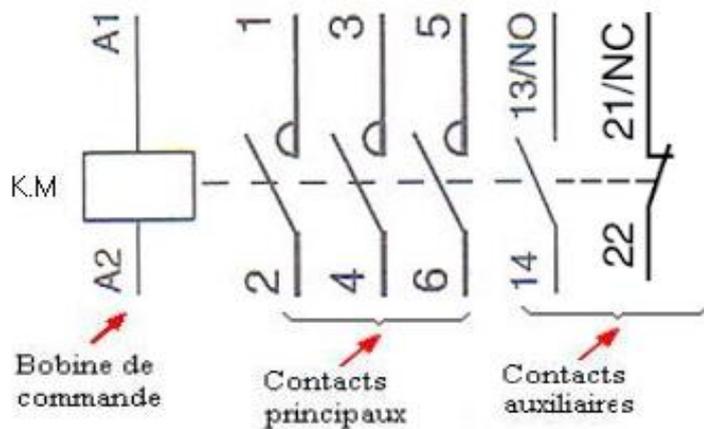


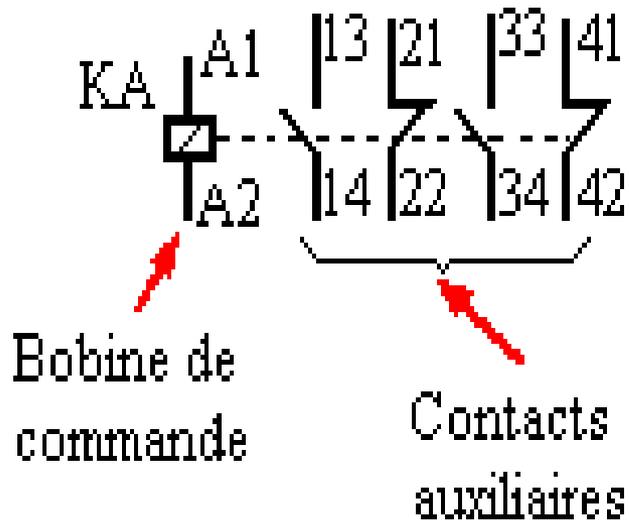
Photo Télémécanique

II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

3-2- Contacteur auxiliaire :

- Bobine de commande
- Contacts auxiliaires

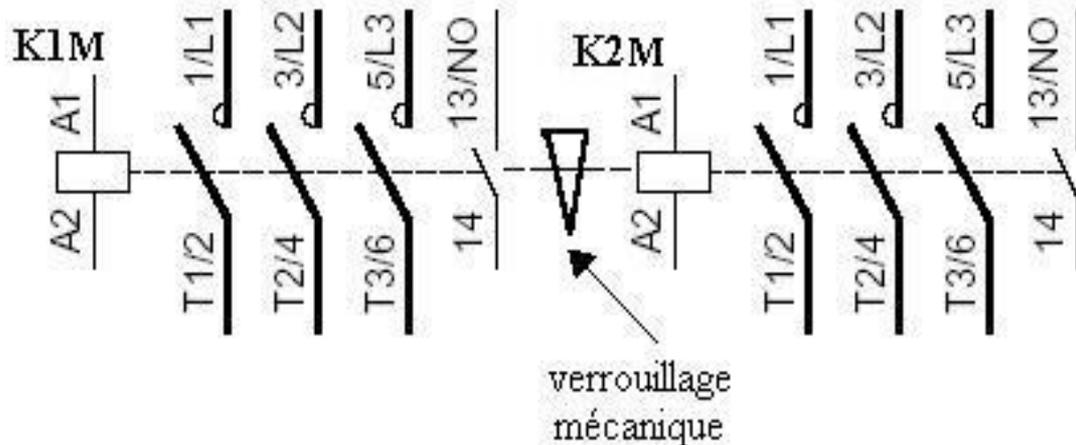


II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

3-3- Contacteurs avec verrouillage mécanique :

C'est un ensemble de deux contacteurs accouplés mécaniquement qui ne peuvent être enclenchés simultanément.



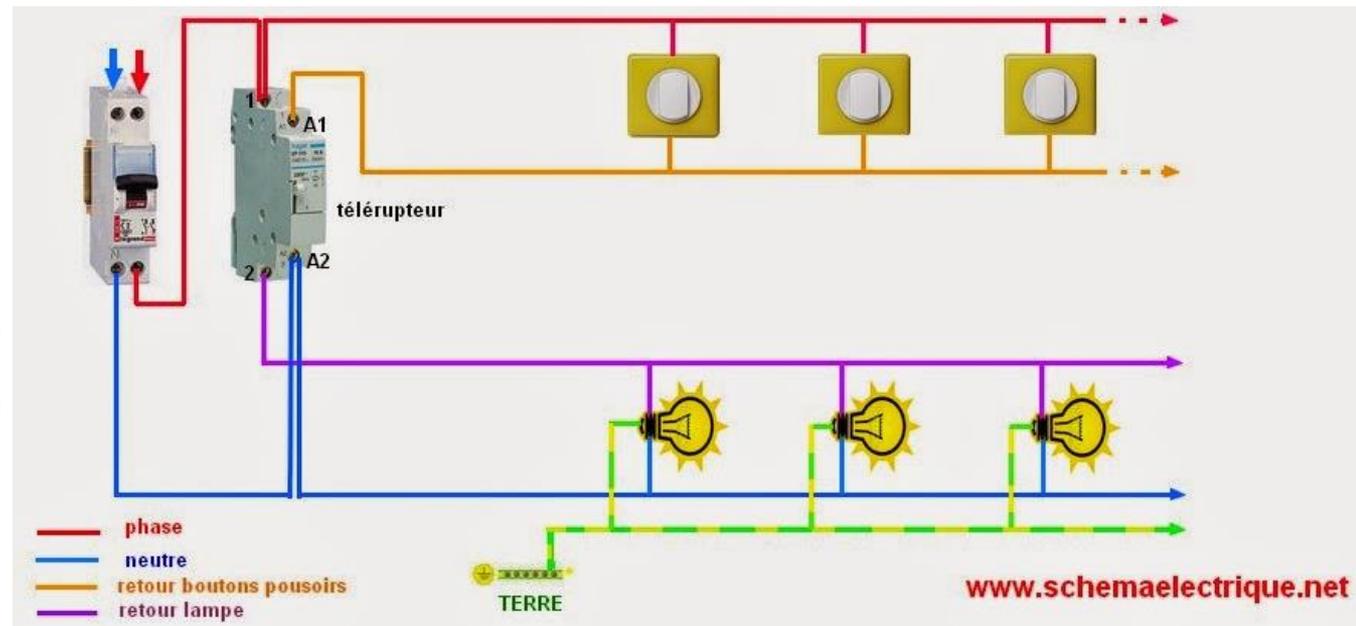
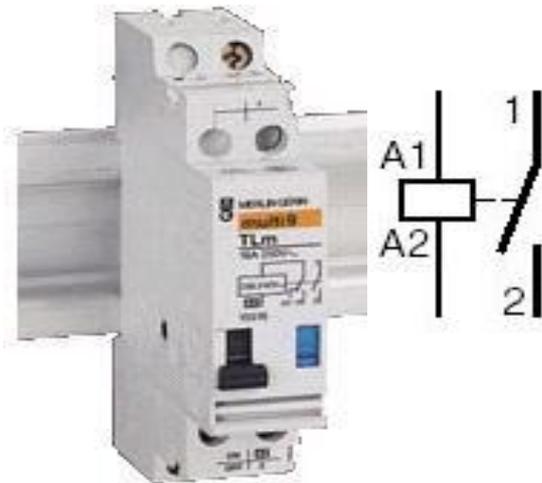
II- Fonction de l'appareillage électrique

II-1- Matériel de couplage :

4- Télérupteurs

Les télérupteurs sont utilisés pour la commande à distance par BP, des récepteurs.

Ils réalisent l'ouverture et la fermeture, maintenues mécaniquement, de circuits commandés à distance par impulsions.



II- Fonction de l'appareillage électrique

II-2- Matériel de protection :

Pour assurer un fonctionnement correct des installations il est indispensable de les protéger contre les surintensités : les surcharges et les courts-circuits.

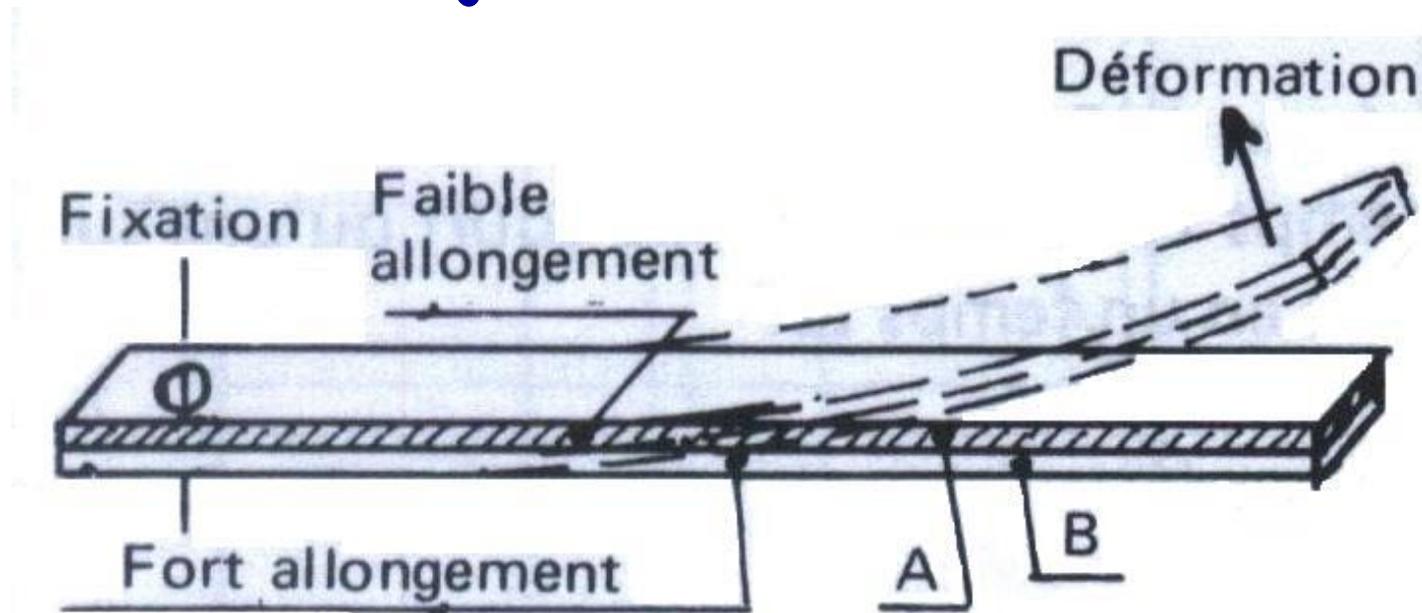
Surcharges: $I = 1,5 \text{ à } 3 I_n$ sans dépasser $10 I_n$

Courts-circuits: $I > 10 I_n$

1- Relais thermique :

FUNCTIONNEMENT:

L'élément de base est la bilame qui se dilate sous l'effet joule.



1- Relais thermique :

Cette déformation actionne un mécanisme de déclenchement qui :

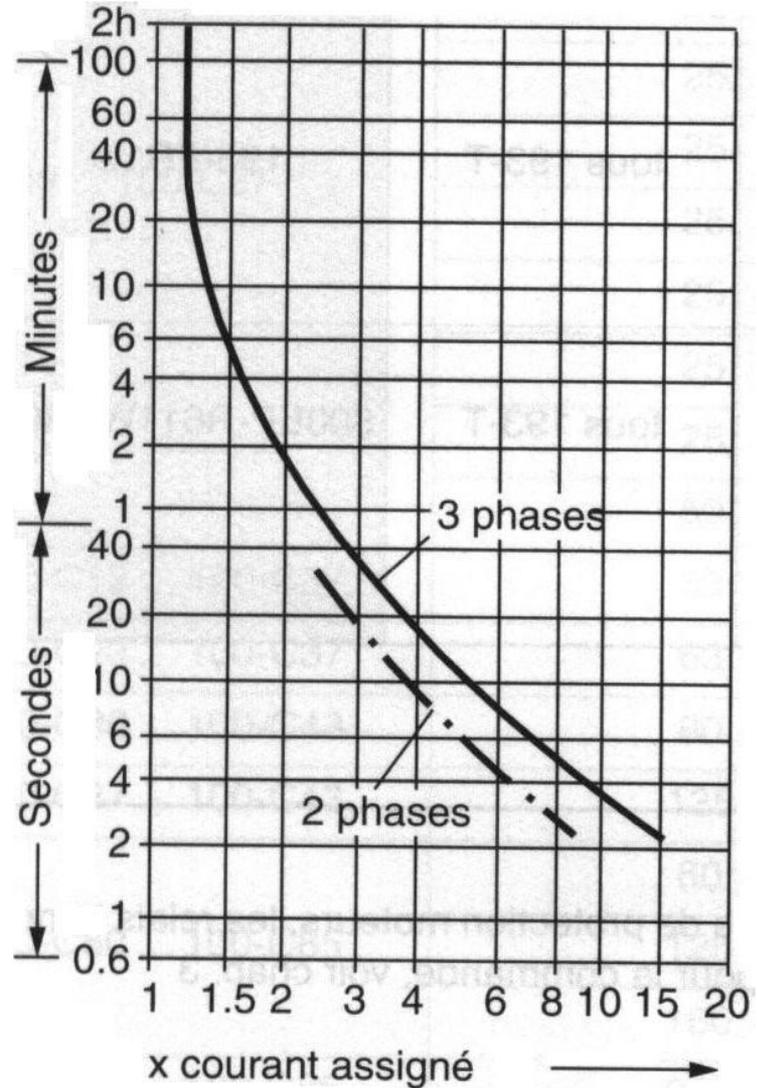
- ouvre le contact 95-96 → ouverture sur le contacteur
- ferme le contact 97-98 → signalisation

1- Relais thermique :

CARACTERISTIQUE :

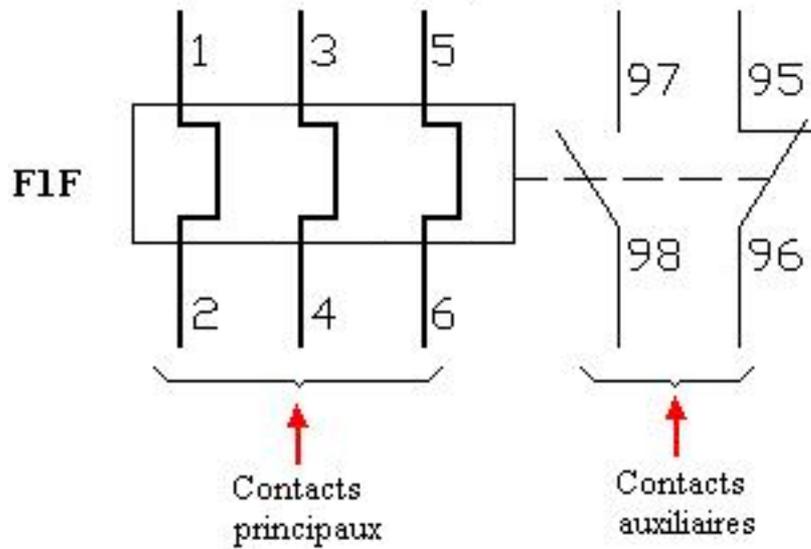
Sa caractéristique temps/courant de déclenchement est une :

caractéristique à temps inverse.



1- Relais thermique :

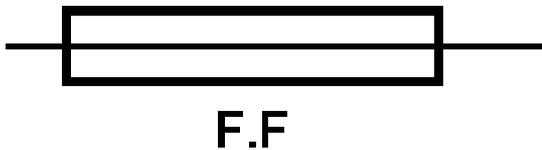
REPRESENTATION :



Réglage thermique
du courant

2- Coupe circuit fusible:

Les fusibles sont des organes de protection qui coupent le circuit par la fusion d'un ou de plusieurs conducteurs.



Représentation



Fusible à cartouches
cylindriques



Fusible à cartouche
à couteaux

Deux types de fusibles sont à envisager :

2- Coupe circuit fusible:

1/ Les fusibles types **gL**, **gG** ou **gF** (usage général)

- destinés à protéger les circuits contre les **surcharges et les courts-circuits**.

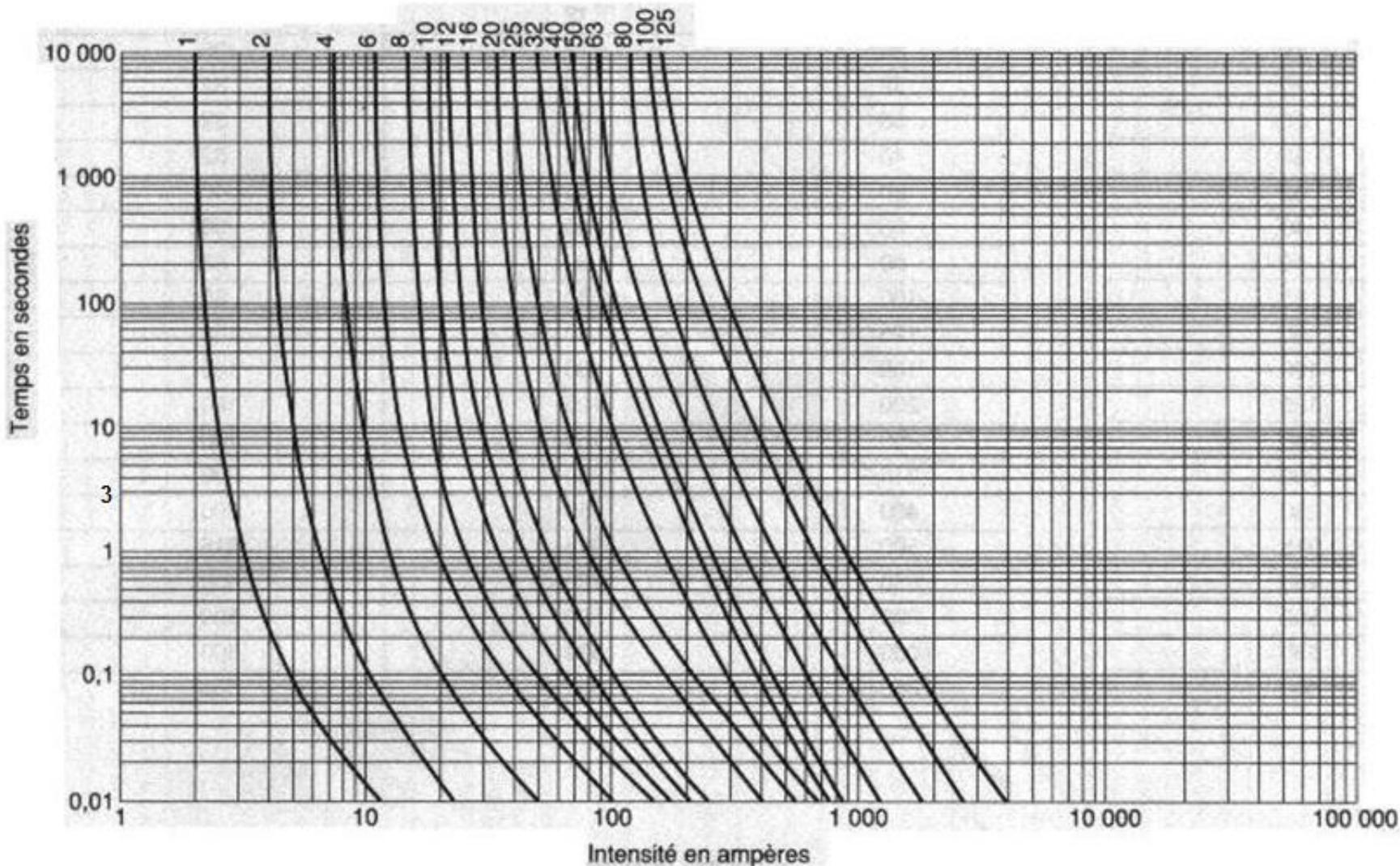
- Le courant de fonctionnement minimal I_f est définie par :

- * $2.1 I_n$ pour $I_n < 4 \text{ A}$
- * $1.9 I_n$ pour $4 \leq I_n < 16 \text{ A}$
- * $1.6 I_n$ pour $I_n \geq 16 \text{ A}$

- Plus rapides que les fusibles aM



2- Coupe circuit fusible:



Courbes caractéristiques des fusibles gG (constructeur LEGRAND)

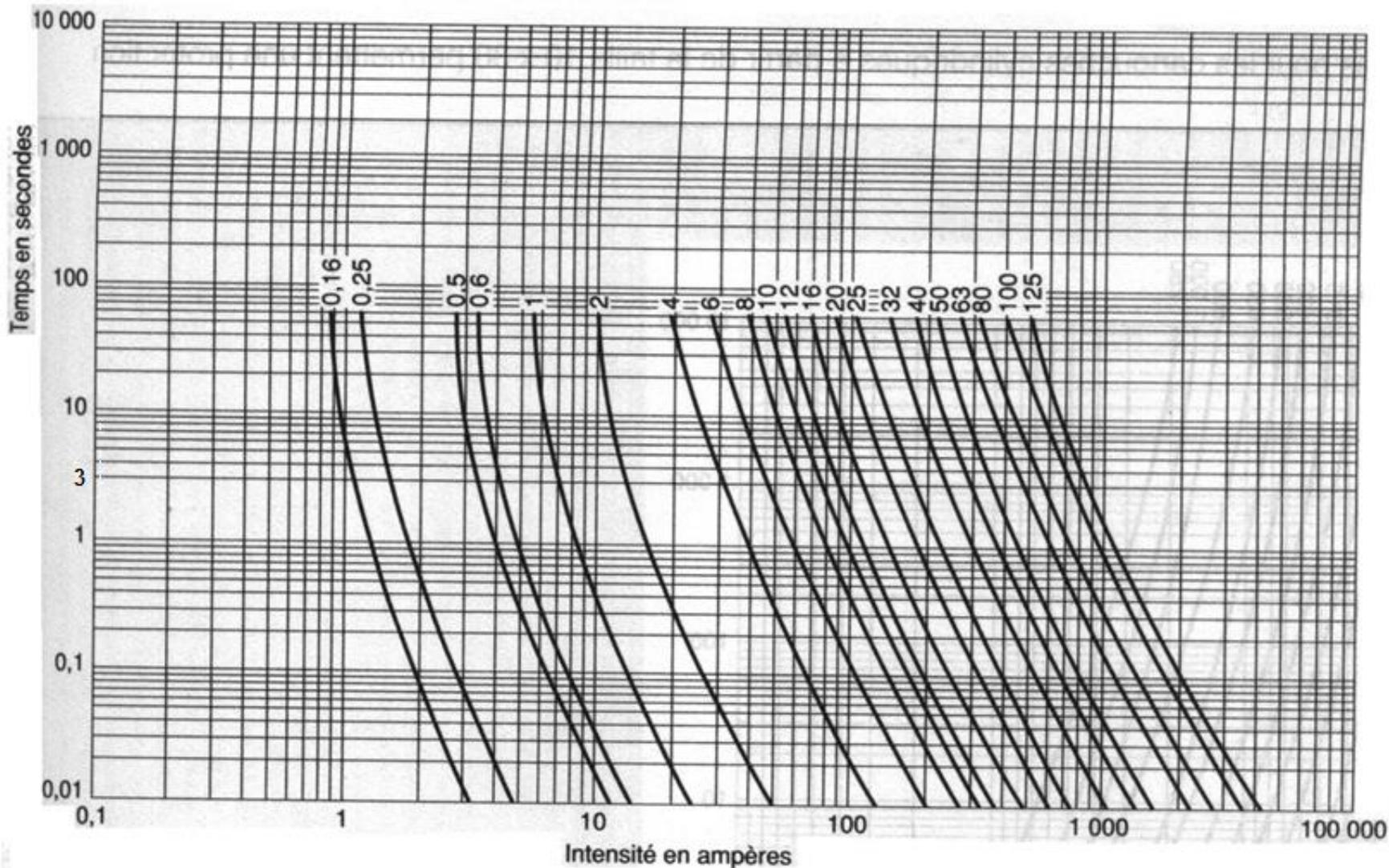
2- Coupe circuit fusible:

2/ fusible **type aM** (accompagnement moteur)

- destiné à protéger les moteurs contre **les courts-circuits et les fortes surintensités.**
- Ils doivent être accompagnés des relais thermiques pour la protection contre les surcharges
- Ils doivent supporter la pointe de démarrage du moteur
- Le courant de fonctionnement minimal **If** est définie par :
 - * 5.2 In pour $In < 4 \text{ A}$
 - * 4.7 In pour $4 \leq In < 16 \text{ A}$
 - * 4 In pour $In \geq 16 \text{ A}$



2- Coupe circuit fusible:



Courbes caractéristiques des fusibles aM (constructeur LEGRAND)

2- Coupe circuit fusible:

Exercice d'application :

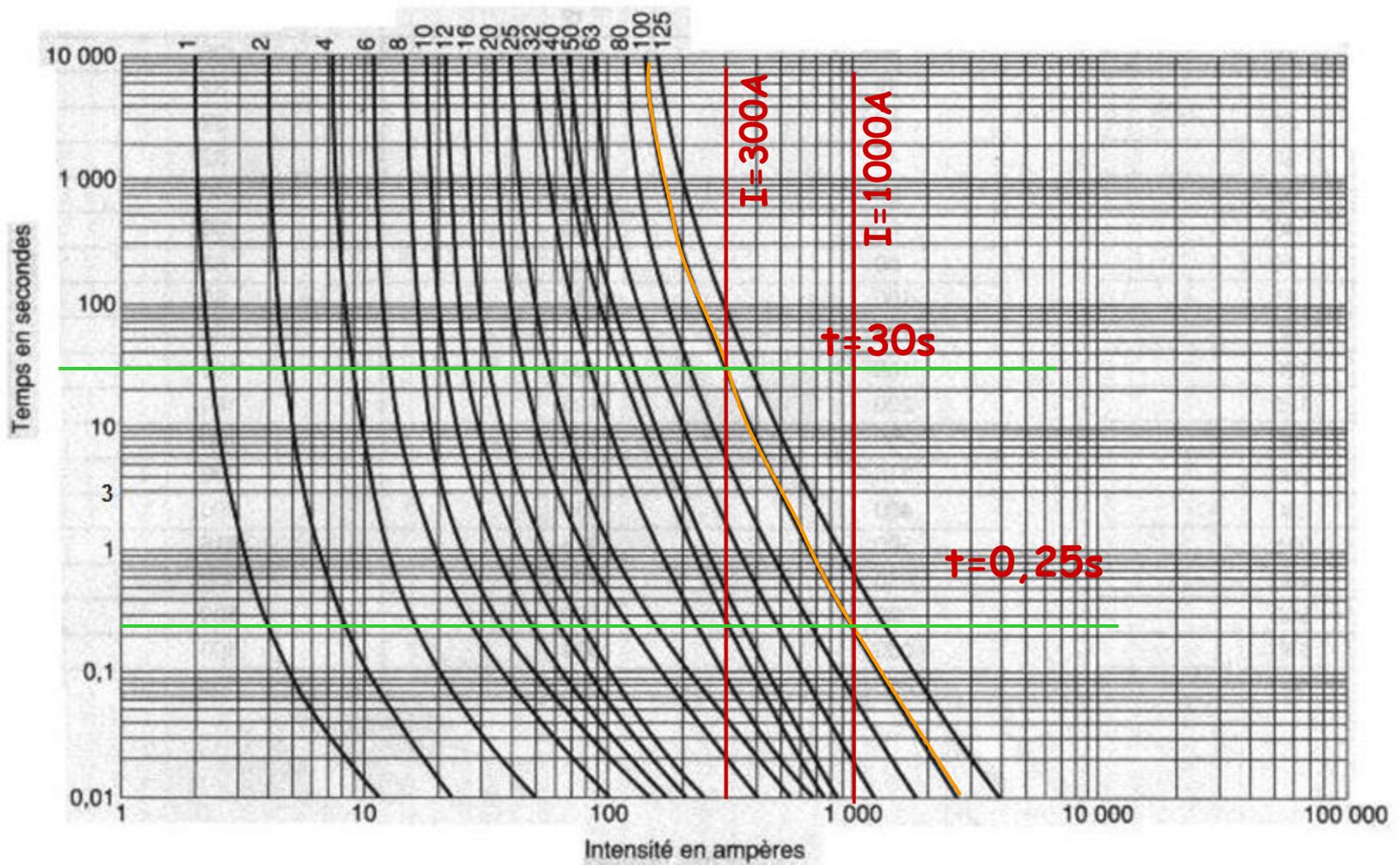
1- En combien de temps un fusible type gG de calibre 100A, va fusionner lorsqu'il sera traversé par un courant de :

- a- 300 A,
- b- 1000 A.

2- Même questions pour un fusible type aM de calibre 100A.

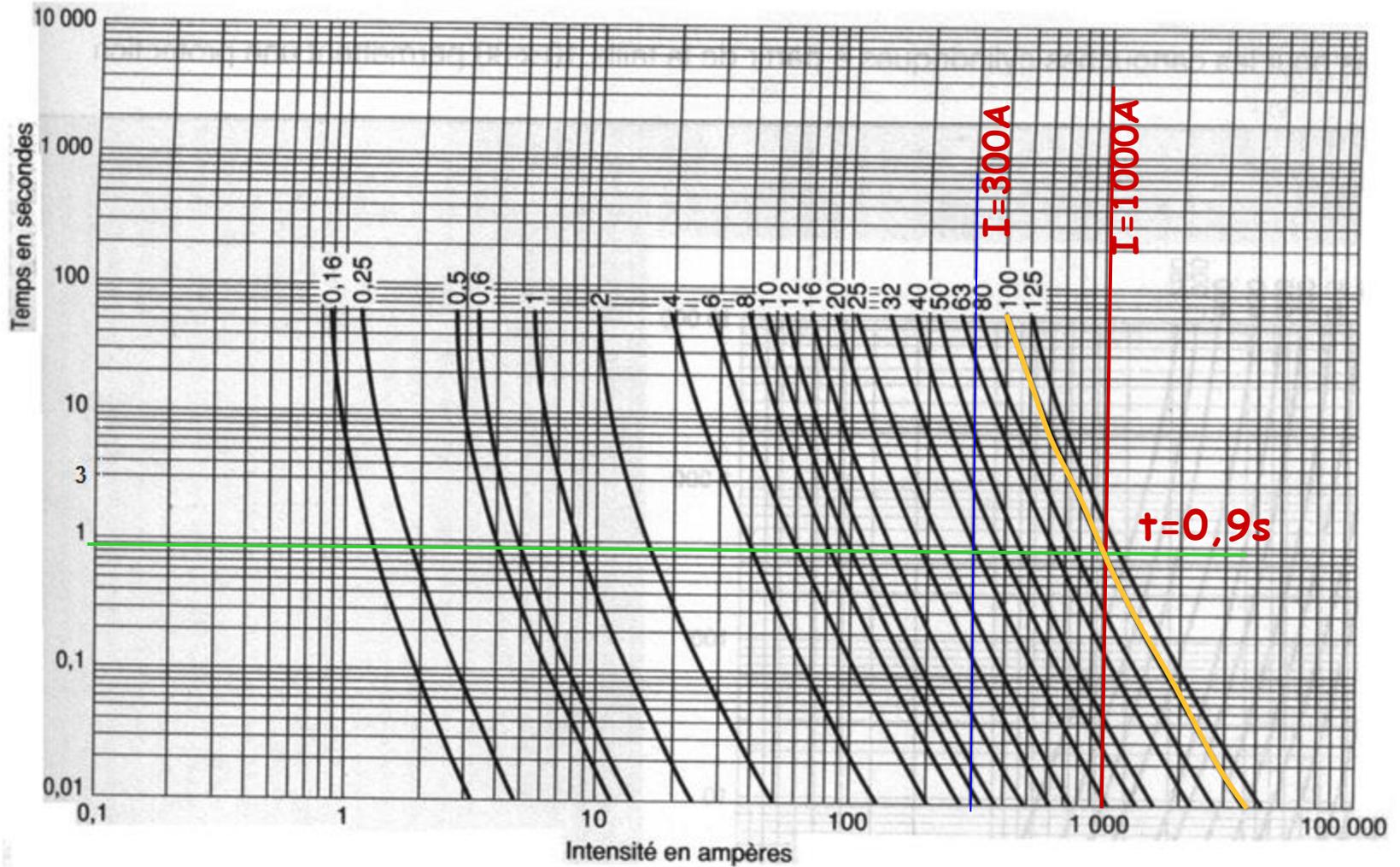
3- Conclure en comparant les deux types de fusible.

2- Coupe circuit fusible:



Courbes caractéristiques des fusibles gG (constructeur LEGRAND)

2- Coupe circuit fusible:



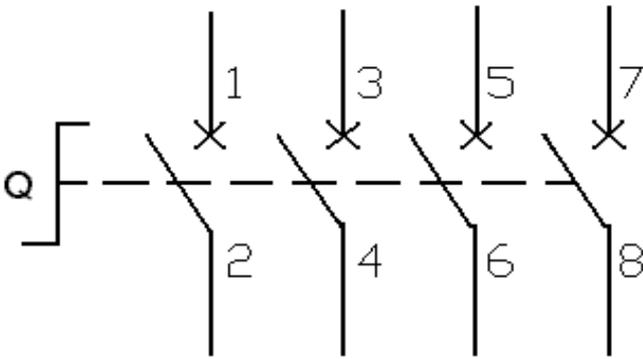
Courbes caractéristiques des fusibles aM (constructeur LEGRAND)

3- Disjoncteur:

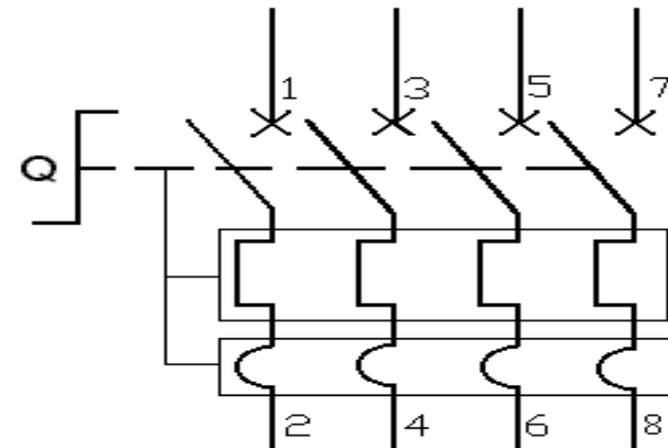
- ◆ Un disjoncteur est un interrupteur perfectionné normalement maintenu fermé par un verrouillage.
- ◆ Un disjoncteur est capable d'interrompre un circuit quelque soit le courant qui le traverse jusqu'à son pouvoir de coupure ultime : I_{cu} exprimé en kA (norme CEI.947-2).
- ◆ Un disjoncteur protège l'installation :
 - contre les surcharges
(action du déclencheur thermique)
 - contre les courts-circuits
(action du déclencheur magnétique)

3- Disjoncteur:

Représentation du disjoncteur :



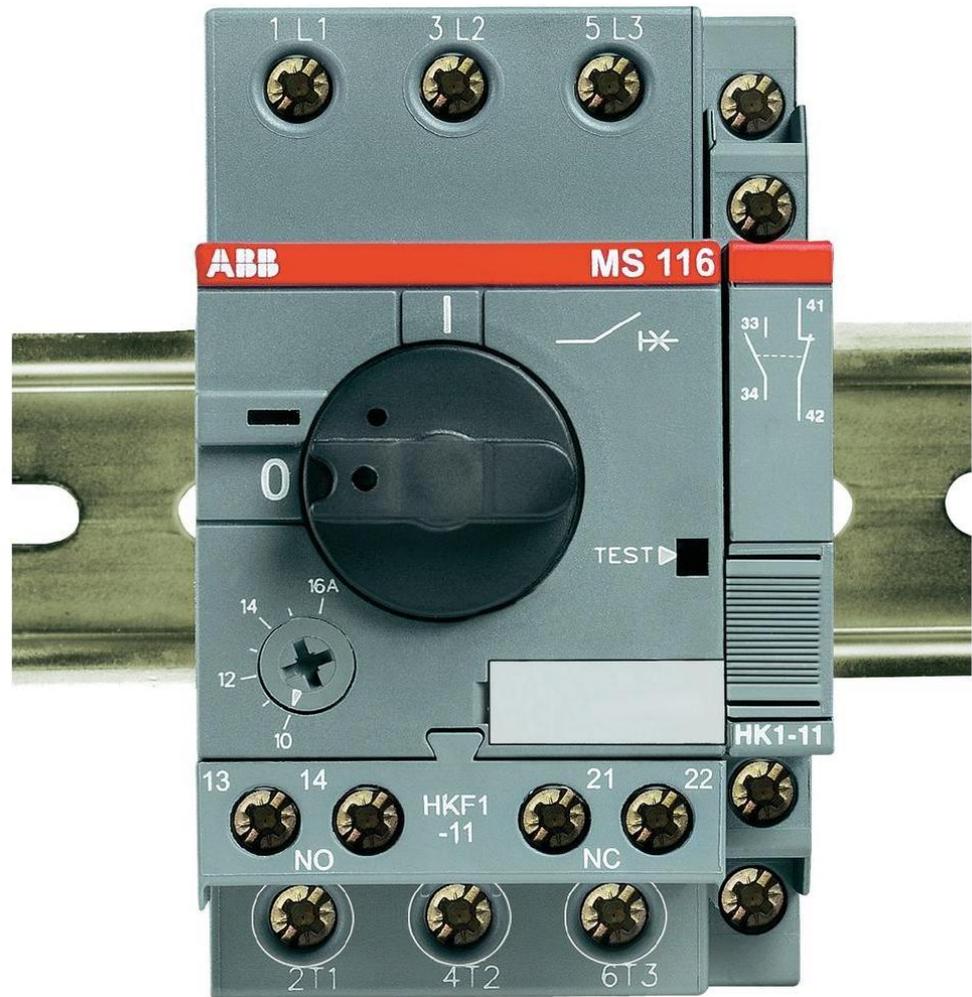
Disjoncteur
(représentation
générale)



Disjoncteur
magnétothermique



3- Disjoncteur:

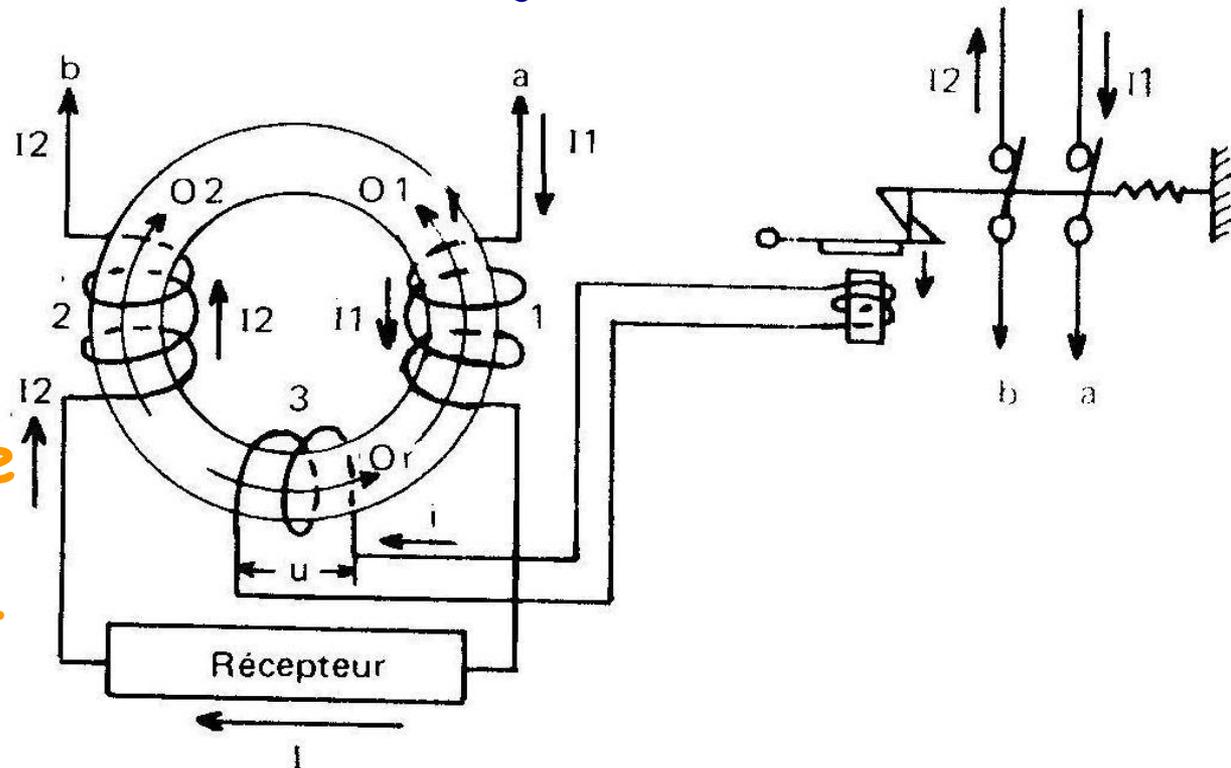


Disjoncteurs moteurs

4- Disjoncteur différentiel

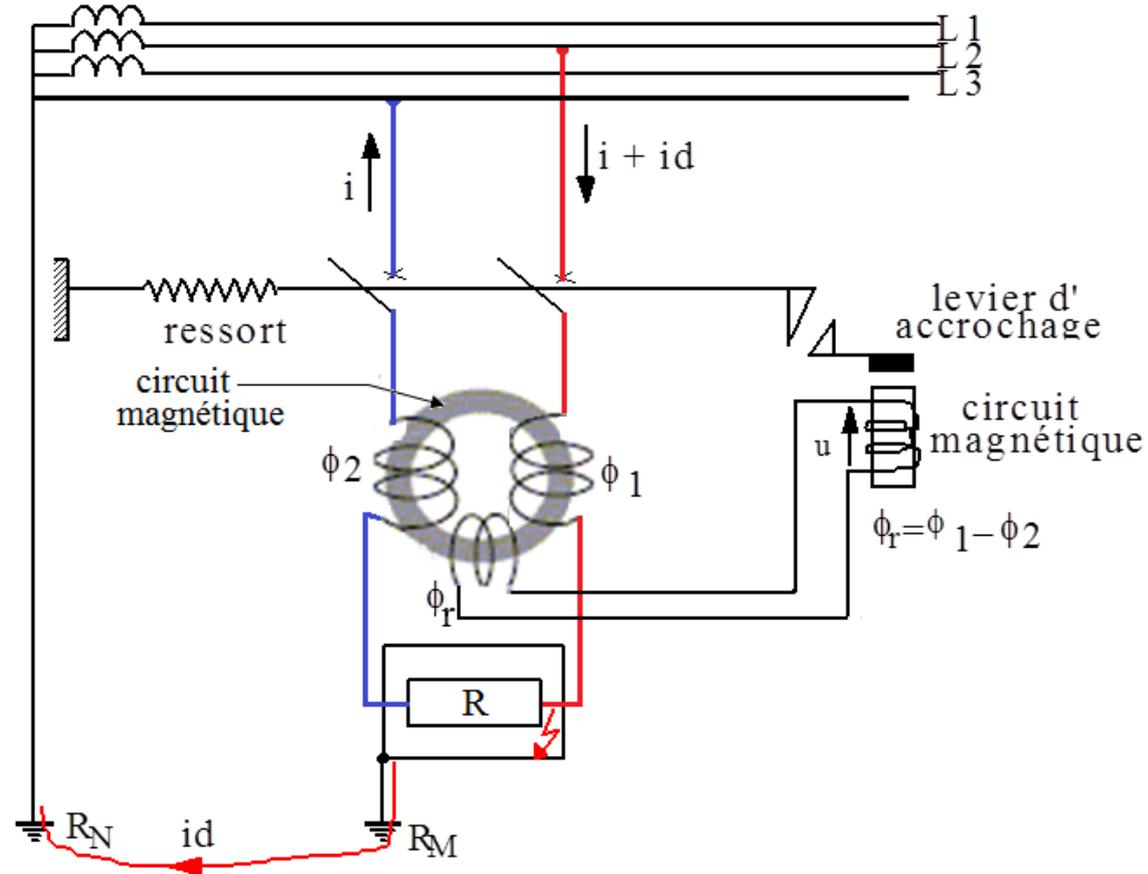
Un circuit principal constitué de deux bobines identiques bobinées en sens inverse N_1 et N_2 , un circuit secondaire constitué d'une bobine N_3 ramassant le flux résultant et un électro-aimant assurant le déclenchement du disjoncteur.

Si les deux bobines N_1 et N_2 sont traversées par le même courant, alors il se crée un flux nul dans l'enroulement N_3



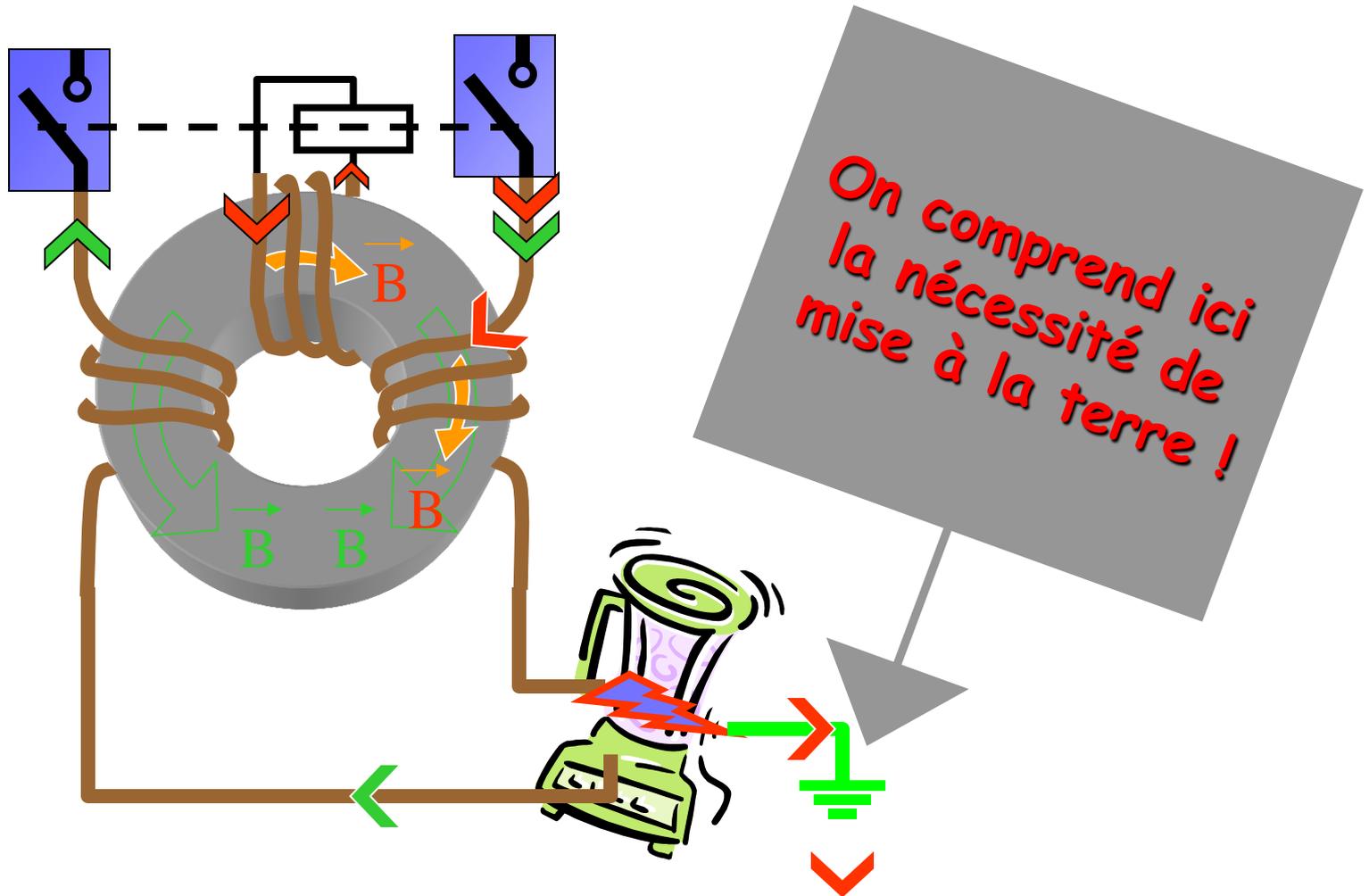
4- Disjoncteur différentiel

Par contre dès qu'un défaut d'isolement aura lieu, il se crée alors un flux résultant non nul qui permet d'actionner le déclencheur.



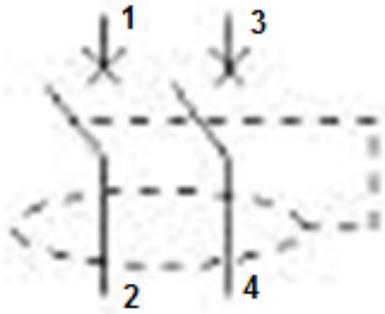
4- Disjoncteur différentiel

Animation du fonctionnement:



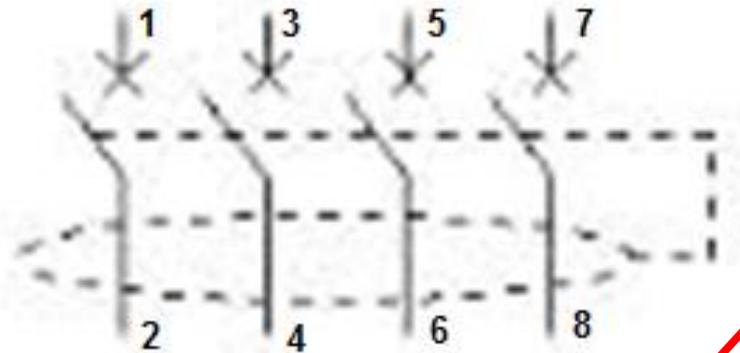
4- Disjoncteur différentiel

Représentation



en monophasé

Le seuil de déclenchement $I_{\Delta N}$.



en triphasé



Disjoncteur différentiel domestique : $I_{\Delta N} = 500 \text{ mA}$

Différentiel protégeant les prises de courant : $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$

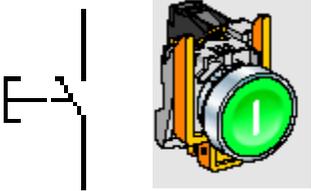
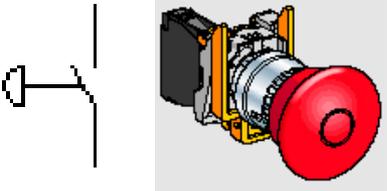
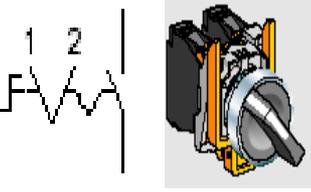
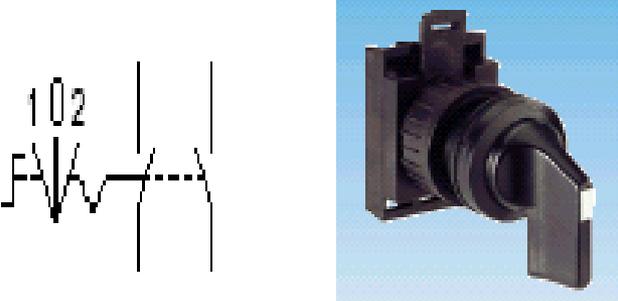
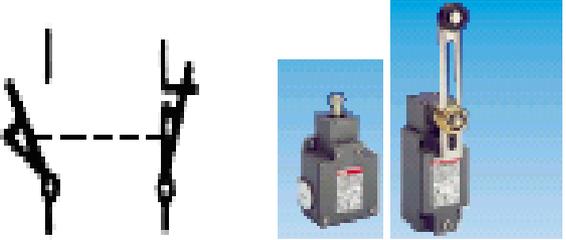
Différentiel protégeant l'éclairage : $I_{\Delta N} = 300 \text{ mA}$.

II-3- Matériel de commande :

Les auxiliaires de commande servent à commuter ou à mettre en ou hors service les appareils à actionner

- Les contacts auxiliaires des appareils
- Les boutons poussoirs tout type
- Les boutons "coup de poing" pour l'arrêt d'urgence.
- Les boutons rotatifs - Les fins de courses

II-3- Matériel de commande :

 <p>Bouton-poussoir Contact "F"</p>	 <p>Bouton-poussoir Contact "O"</p>	 <p>Coup de poing" impulsion Contact "F"</p>	 <p>"Coup de poing" Arrêt d'urgence : Pousser-tirer Contact "O"</p>
 <p>Bouton tournant 2 positions fixes Contact "F"</p>	 <p>Bouton tournant à deux directions avec position médiane d'ouverture</p>	 <p>Fin de courses 2 contacts "F" et "O"</p>	

II-4- Relais temporisés :

Les relais temporisés sont des appareils de commande qui servent pour retarder pendant un temps choisi par l'opérateur la transmission des ordres reçus.

Le mécanisme de temporisation varie d'un modèle à un autre. On distingue les relais temporisés mécaniques, pneumatiques ou électroniques.

Les relais peuvent être temporisés à l'enclenchement (à l'action), au déclenchement (au repos) ou à l'enclenchement et au déclenchement.

Relais temporisés à l'action :

Bobine excitée → Retarder les ordres → exécution

Bobine désexcitée → exécution

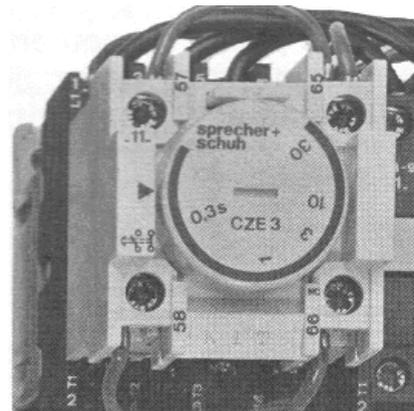
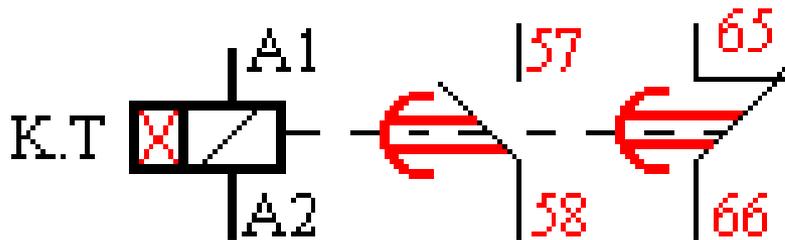
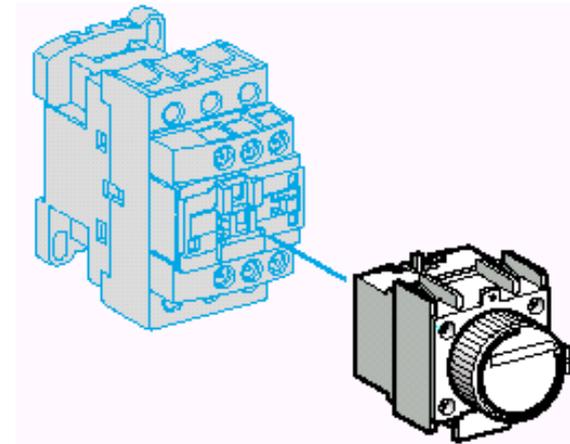


Photo sprtecher+schuh



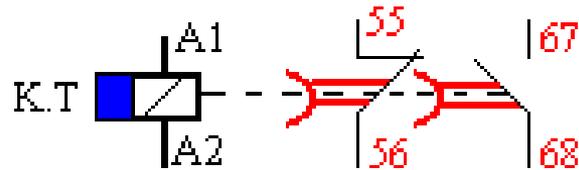
LAD T

Photo
Télemecanique

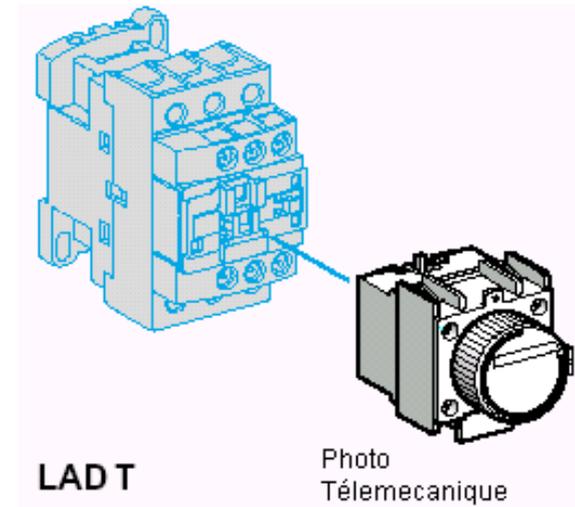
Relais temporisés au relâchement :

Bobine excitée → exécution

Bobine désexcitée → Retarder les ordres → exécution

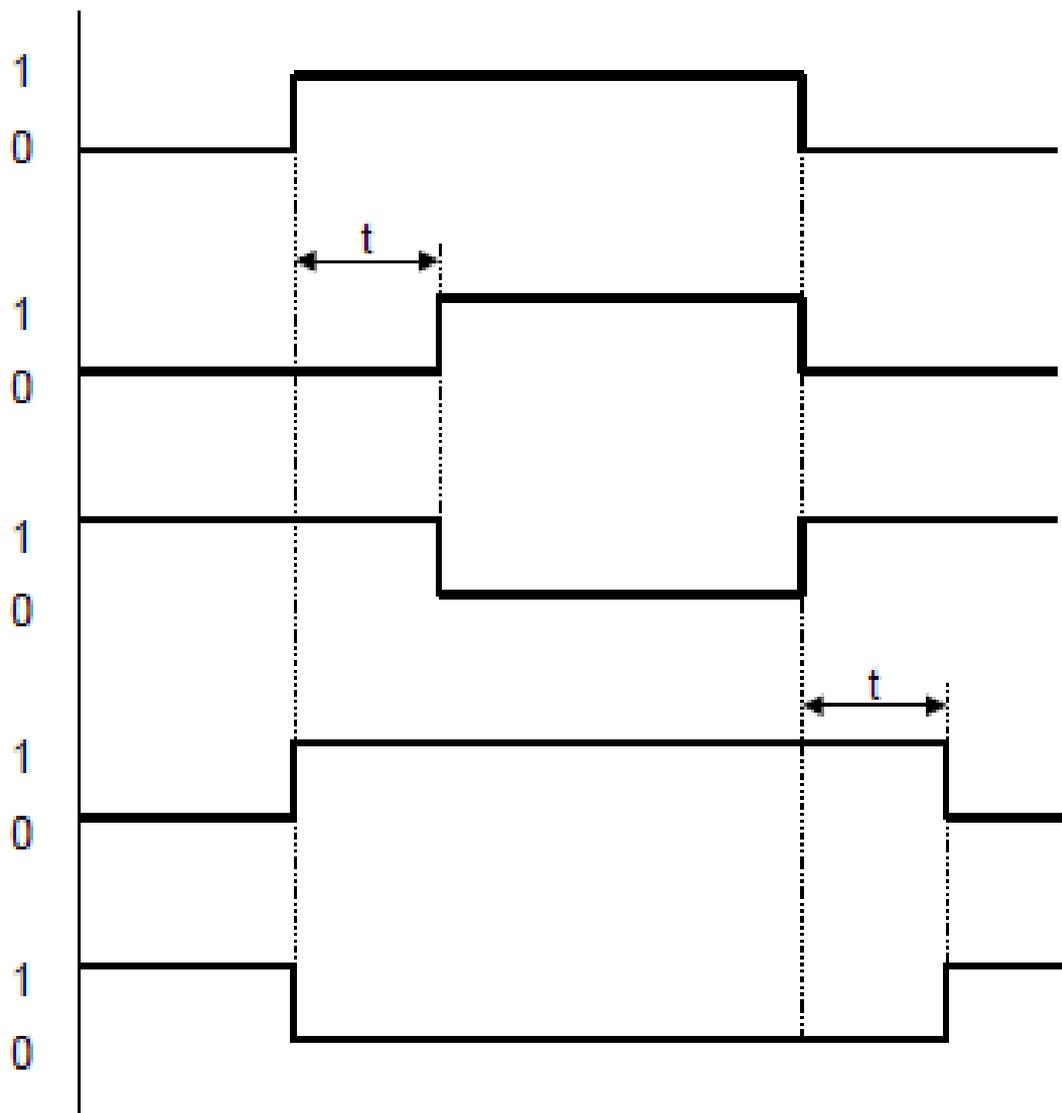
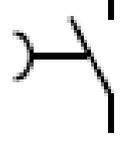
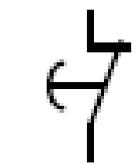


relais temporisé
au relâchement



Chronogramme des 2 relais temporisés

KT (A1-A2)



1: bobine excitée
0: bobine desexcitée

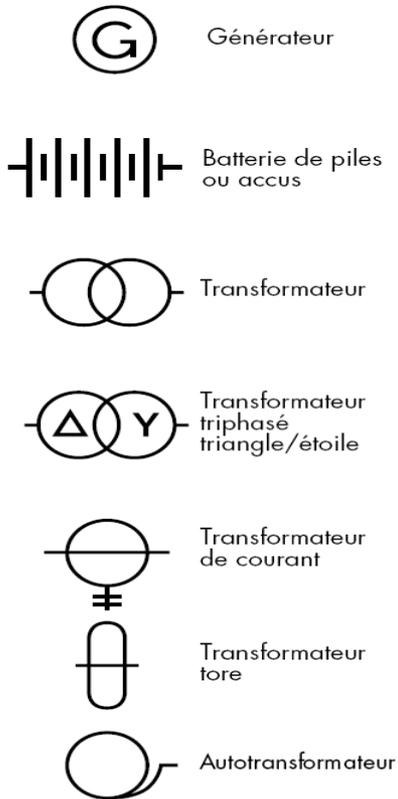
1: contact fermé
0: contact ouvert

1: contact fermé
0: contact ouvert

III- Schémas électriques

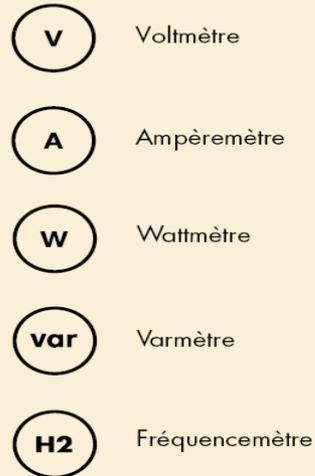
1. Symboles graphiques :

APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION

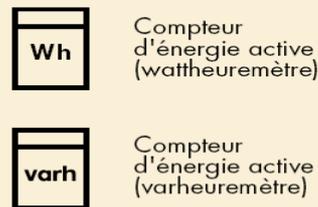


APPAREILS DE MESURE

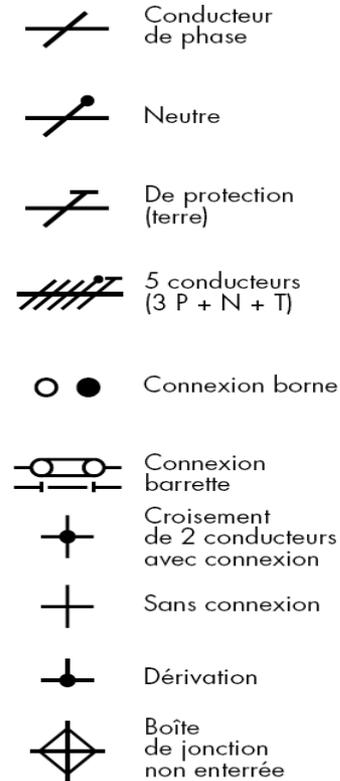
Indicateurs



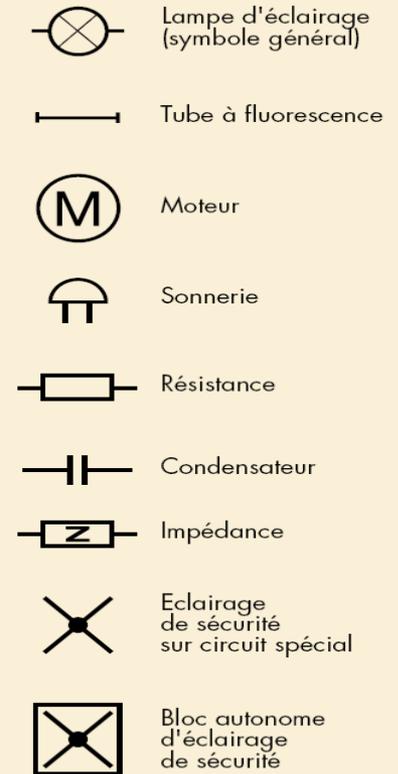
Enregistreurs



CANALISATIONS



APPAREILS D'UTILISATION

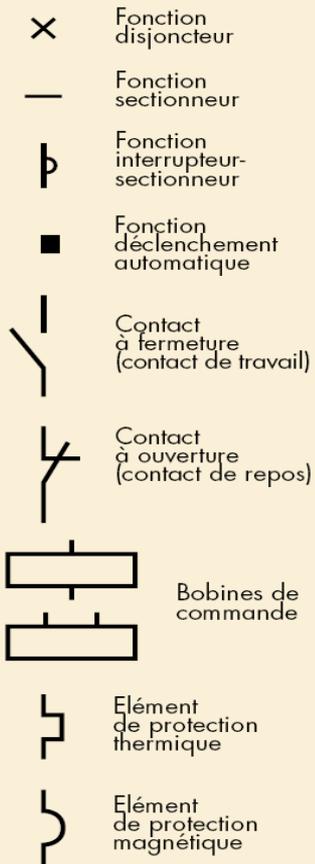


III- Schémas électriques

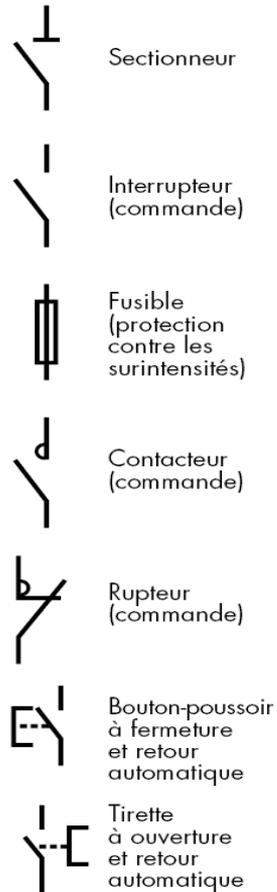
1. Symboles graphiques :

APPAREILLAGE D'INSTALLATION

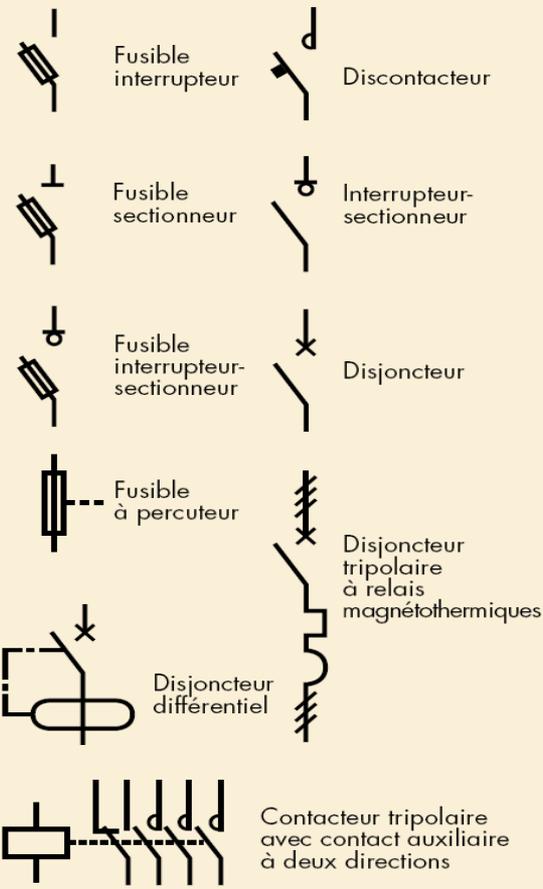
Fonctions de l'appareillage



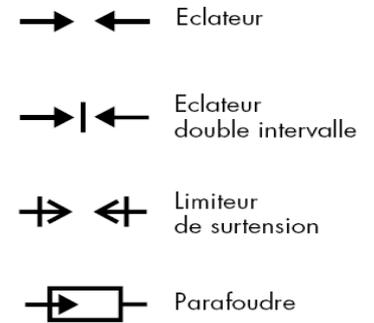
Appareillage à fonction simple



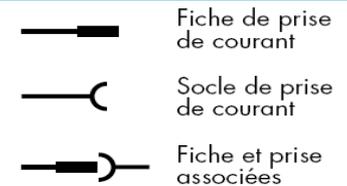
Appareillage à fonctions multiples



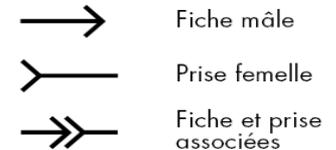
Appareillage de protection contre les surtensions



Appareillage de connexion

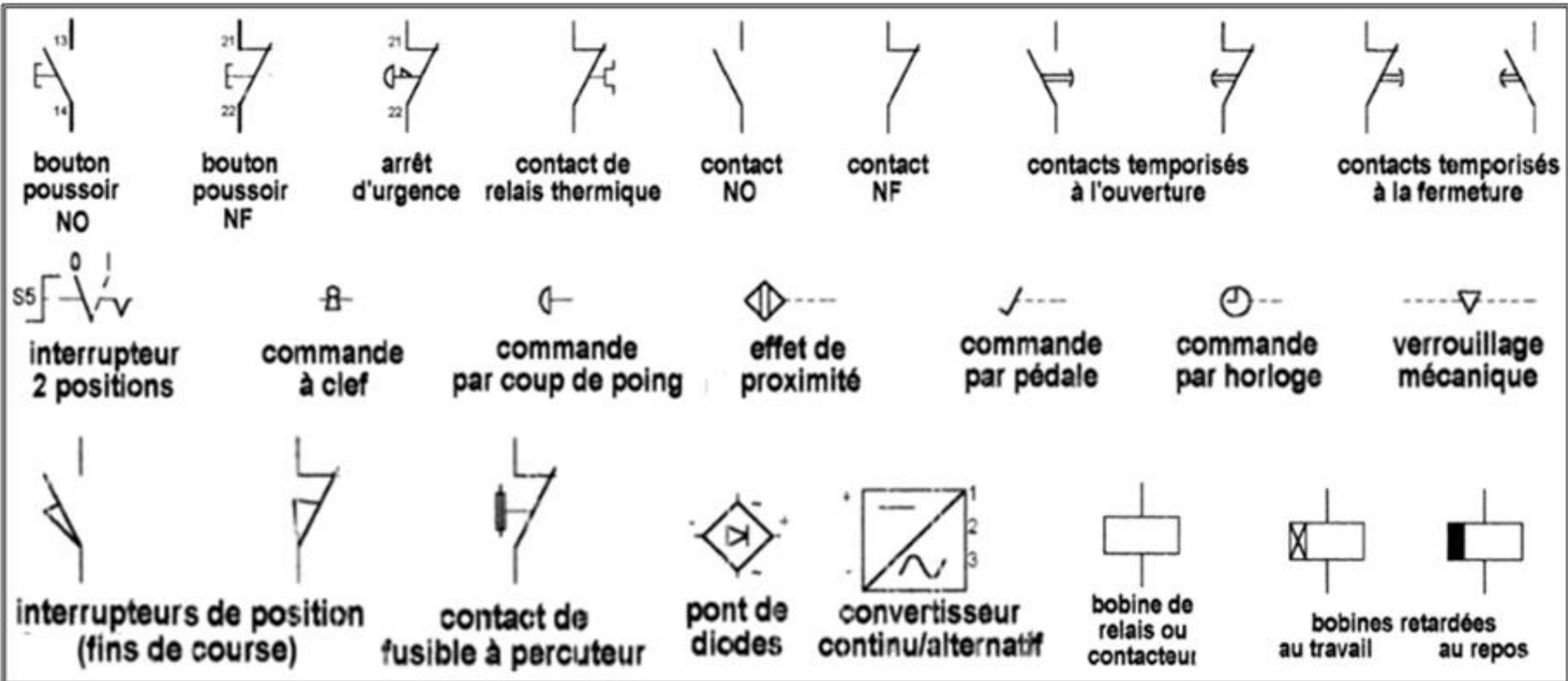


Autres formes



III- Schémas électriques

1. Symboles graphiques :



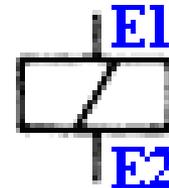
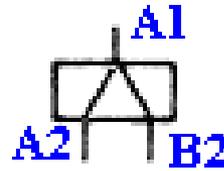
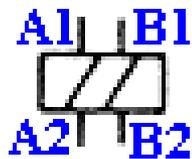
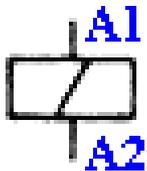
III- Schémas électriques

2. Marquage des bornes

Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

● Bobines :

Les marques des bornes d'une bobine sont toujours alphanumériques.



III- Schémas électriques

2. Marquage des bornes

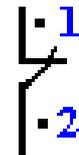
Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

● Contacts auxiliaires :

Chiffre des unités = fonction

Fonction d'ouverture :

.1 - .2



Fonction de fermeture

.3 - .4



III- Schémas électriques

2. Marquage des bornes

Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

● Contacts auxiliaires :

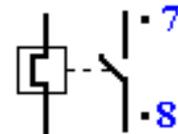
Chiffre des unités = fonction

Chiffres pour fonctions spéciales (p.ex. : temporisation, relais thermique)

Fonction d'ouverture : .5- .6



Fonction de fermeture .7- .8



III- Schémas électriques

2. Marquage des bornes

Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

● Contacts auxiliaires :

Chiffre de dizaine = Numéro d'ordre

Les bornes situées sur le même contact d'un élément de commutation doivent être identifiées par le même numéro d'ordre

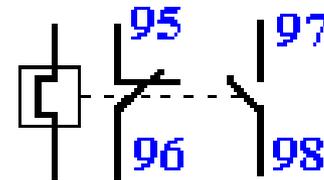
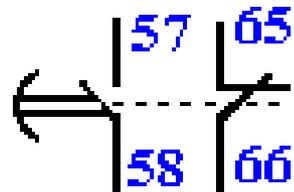
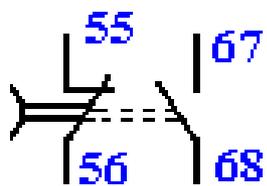
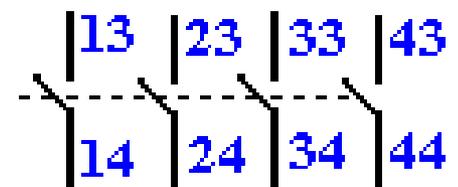
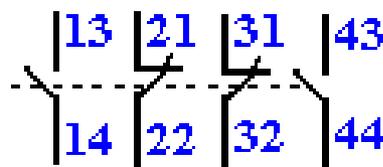
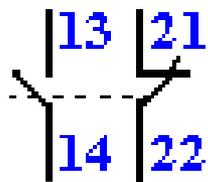
III- Schémas électriques

2. Marquage des bornes

Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

● Contacts auxiliaires :

Exemple :



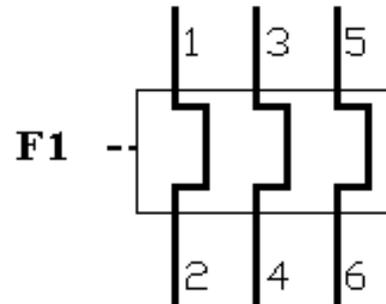
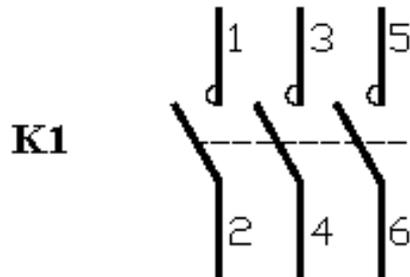
III- Schémas électriques

2. Marquage des bornes

Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

● Contacts principaux :

Le marquage des bornes des contacts principaux (contacteurs, relais thermique, interrupteur ...) est formé d'un nombre à un seul chiffre.



3. Établissement des schémas électriques

1- Introduction :

Le schéma est une représentation graphique fonctionnelle d'un montage. Il indique la façon dont chaque élément doit être raccordé pour pouvoir effectuer une fonction très déterminée.

En général, on distingue les types de schémas suivants:

- Le schéma développé
- Le schéma simplifié.

3. Établissement des schémas électriques

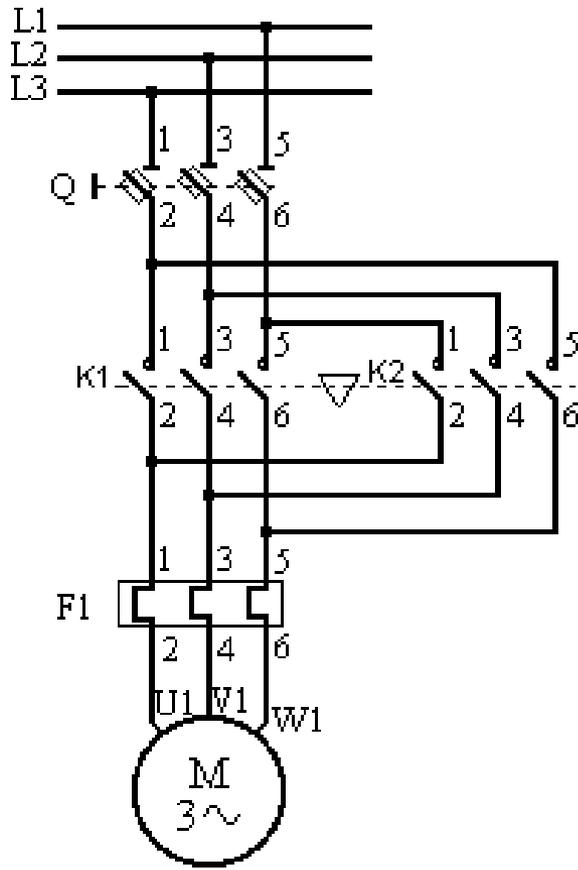
2- schéma développé :

Ce schéma sert à représenter de façon claire et précise le déroulement du processus de commande, sans tenir compte de l'emplacement réel du matériel.

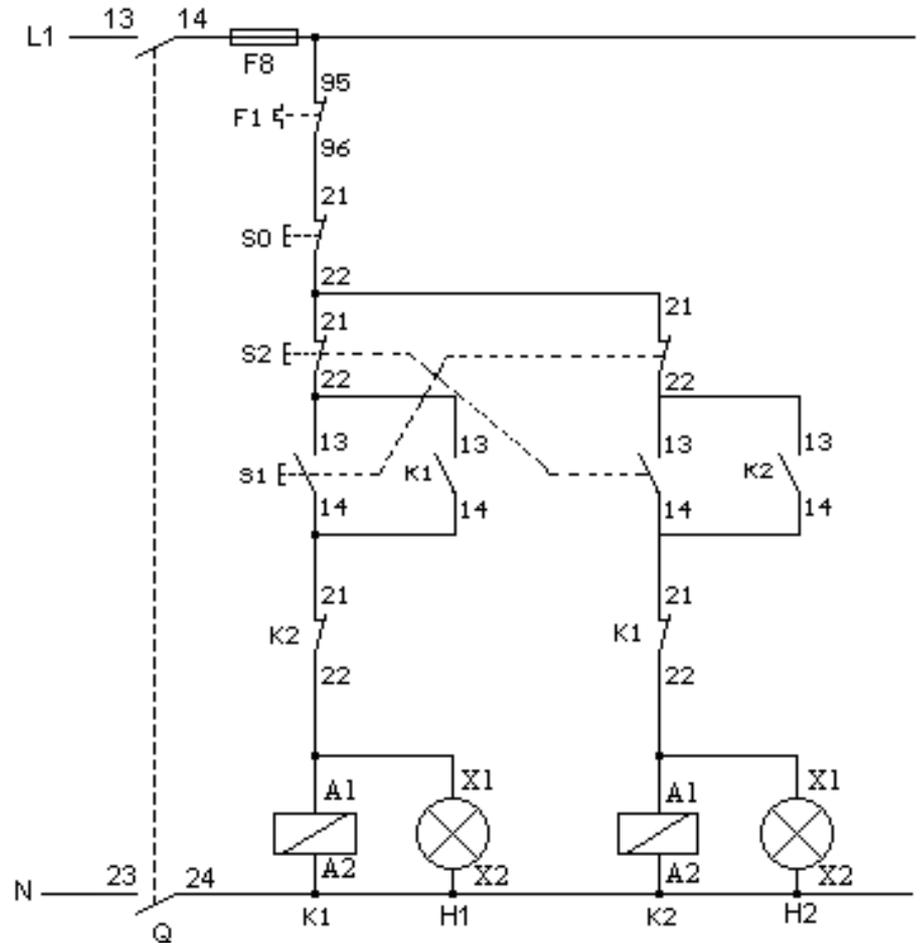
Les circuits de puissance et de commande sont représentés en vertical et séparés.

3. Établissement des schémas électriques

2- schéma développé :



a- circuit de puissance

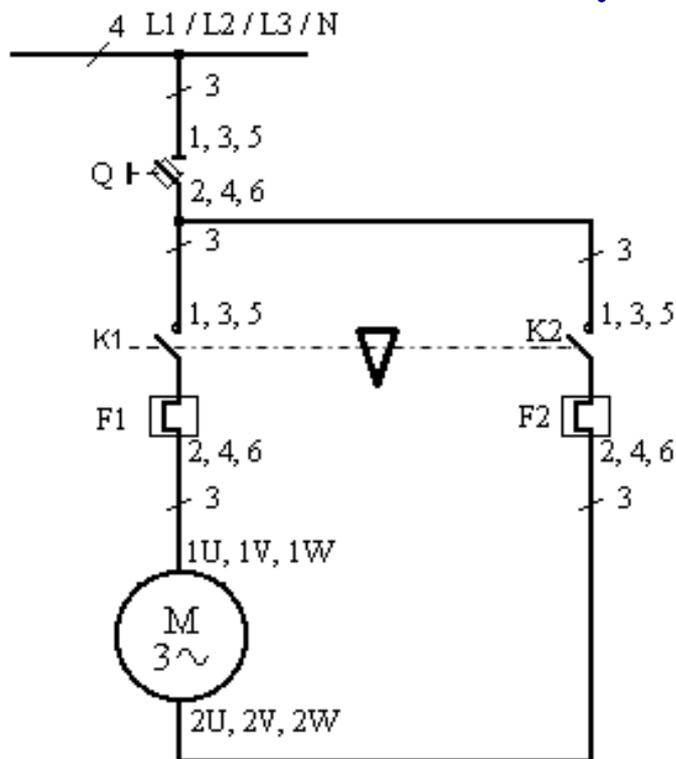


b- circuit de commande

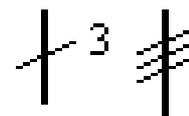
3. Établissement des schémas électriques

3- schéma unifilaire :

Ce genre de schéma n'est utilisé que si sa compréhension et sa clarté n'ont pas diminué



Deux conducteurs



Trois conducteurs



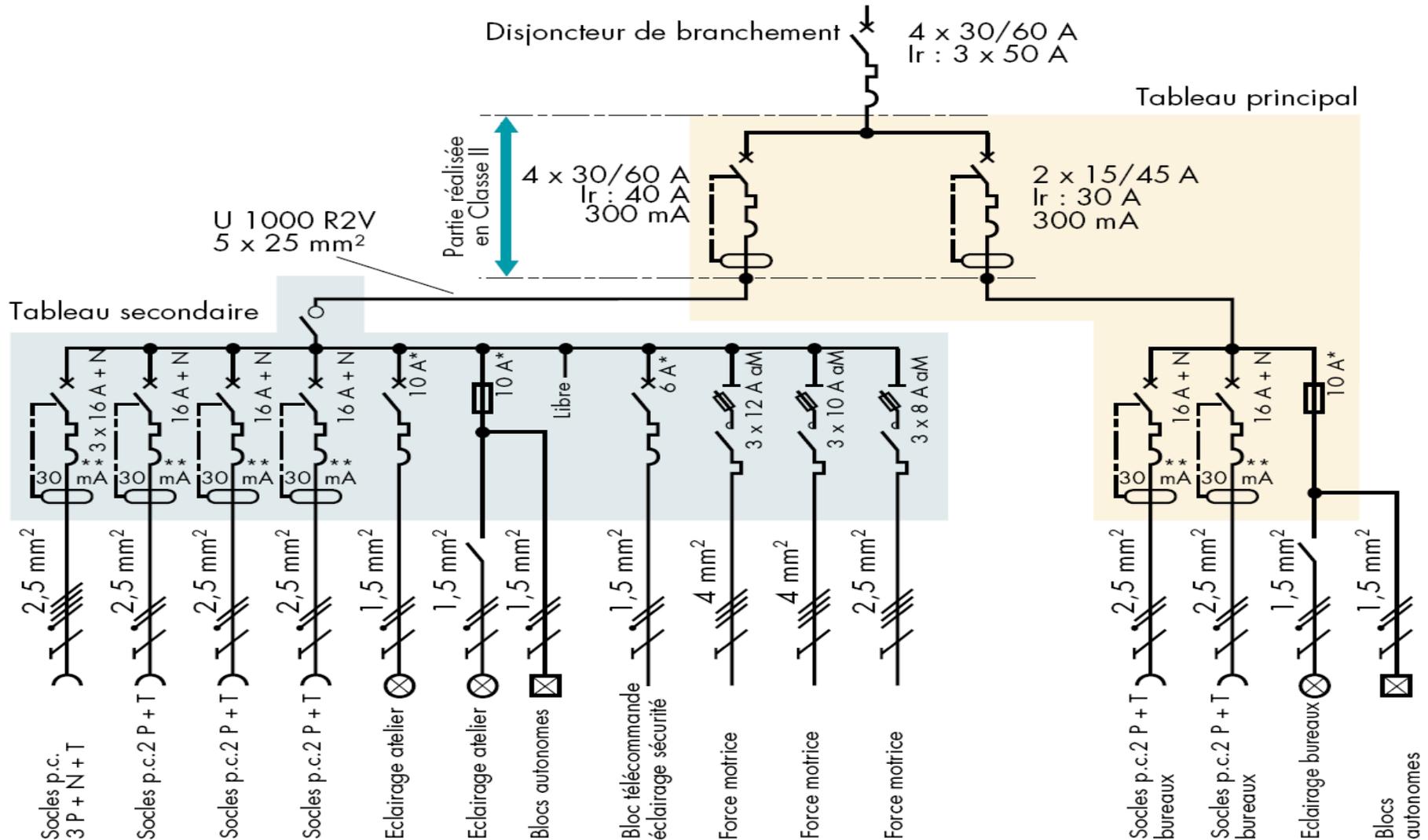
Quatre conducteurs p. ex.
L1/L2/L3/N



Cinq conducteurs p. ex.
L1/L2/L3/N/PE

3. Établissement des schémas électriques

3- schéma unifilaire :



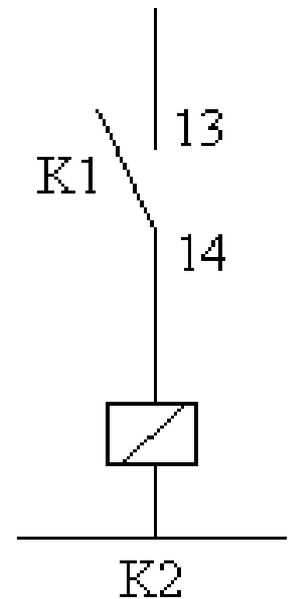
3. Établissement des schémas électriques

4- Règles pratiques pour établir un schéma développé:

Les circuits de puissance et de commande doivent être représentés par des schémas séparés.

Représentation verticale:

- le mouvement des contacts doit se faire de la gauche vers la droite,
- le nom du contact doit être écrit à gauche et son marquage à droite,
- le contact fixe est relié à l'alimentation,
- le nom de l'organe de commande est dans le rectangle ou au dessous.



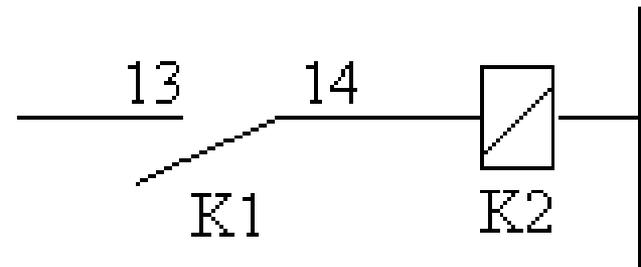
3. Établissement des schémas électriques

4- Règles pratiques pour établir un schéma développé:

Les circuits de puissance et de commande doivent être représentés par des schémas séparés.

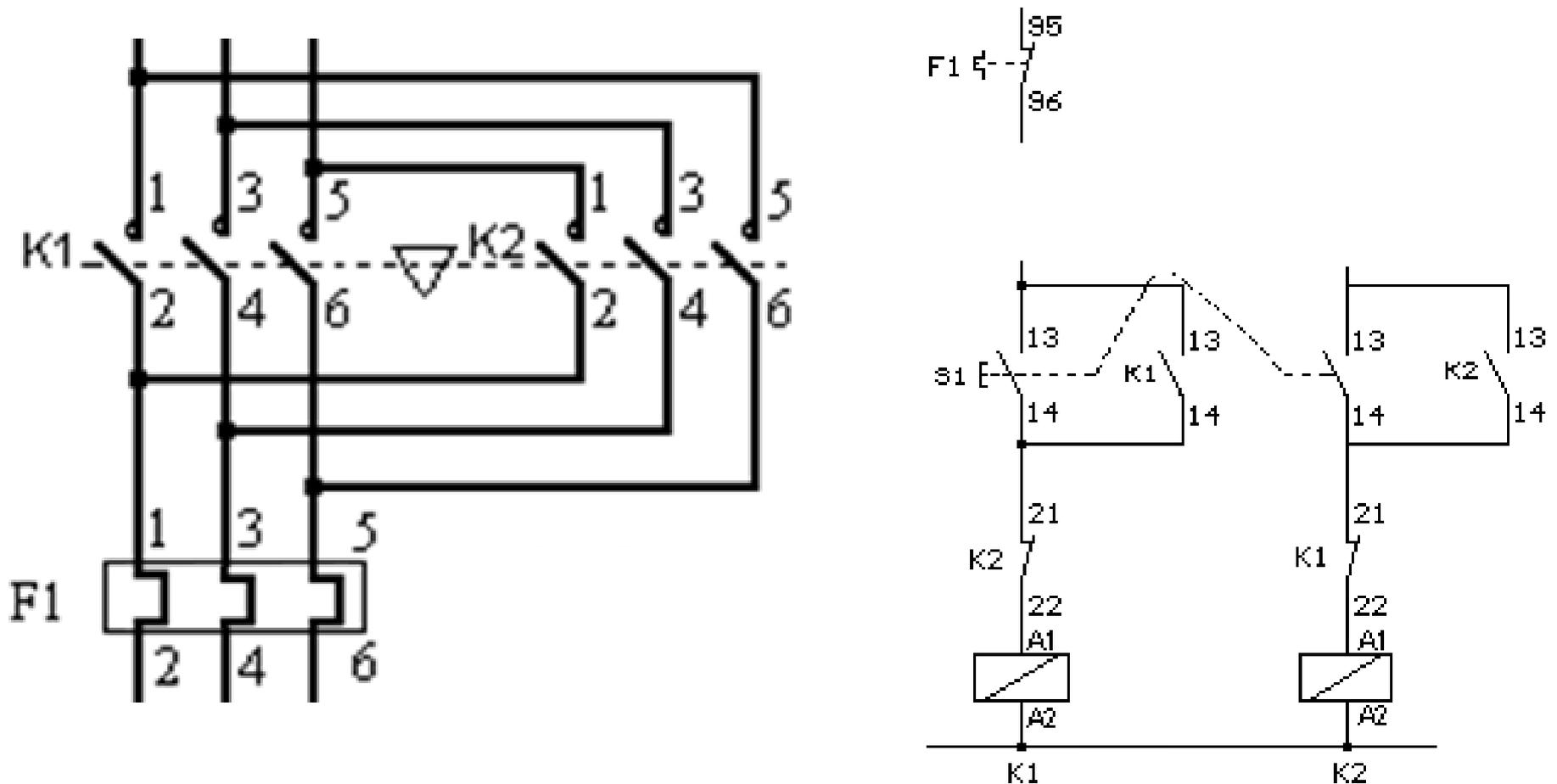
Représentation horizontale:

- le mouvement du contact du bas vers le haut,
- le nom du contact doit être écrit au dessous et son marquage en haut,
- le contact fixe est relié à l'alimentation,
- le nom de l'organe de commande est dans le rectangle ou au dessous.



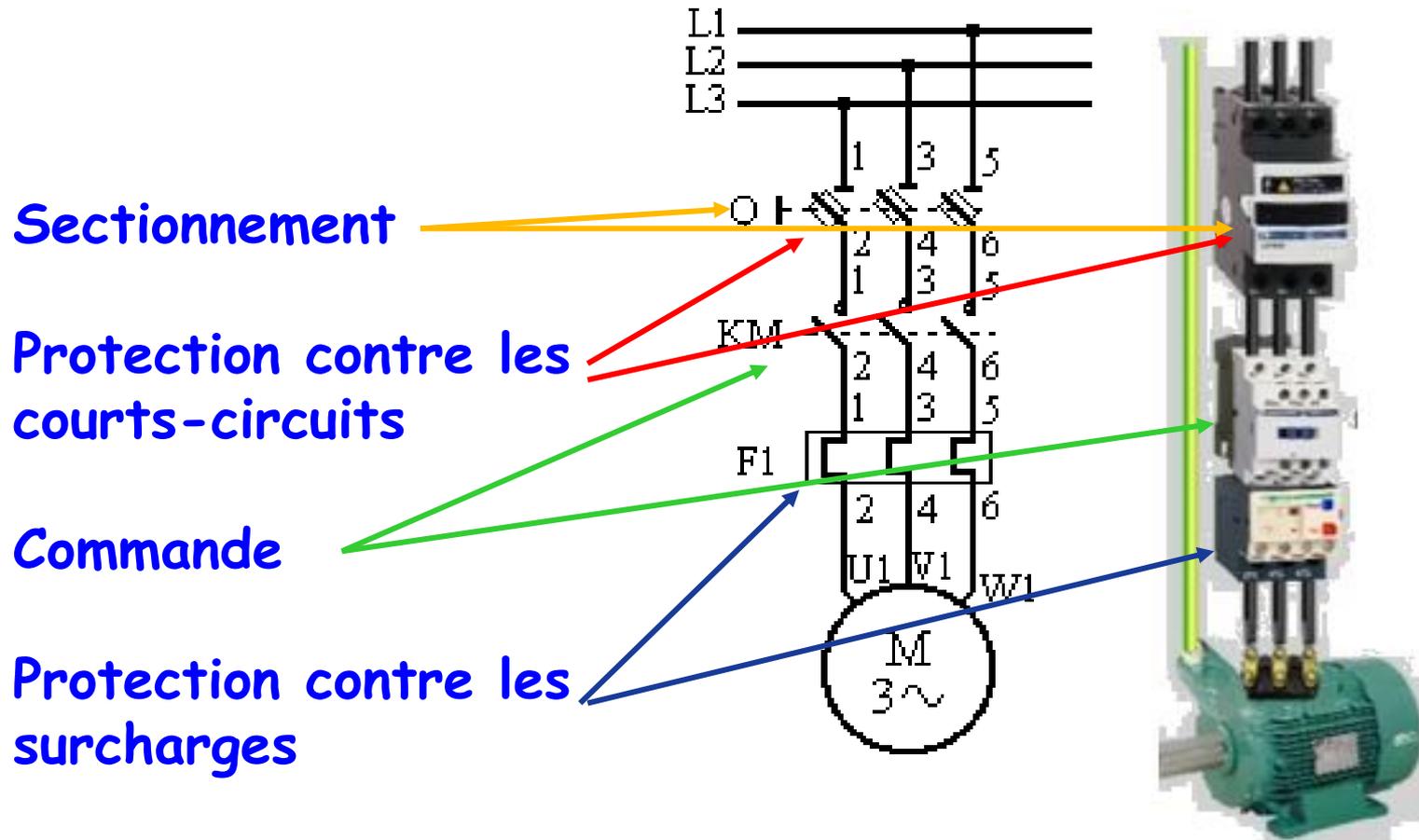
3. Établissement des schémas électriques

N.B. : Dans un schéma, les contacts se rapportant au même appareil, sont repérés par sa même lettre.



VI- Commande des moteurs électriques :

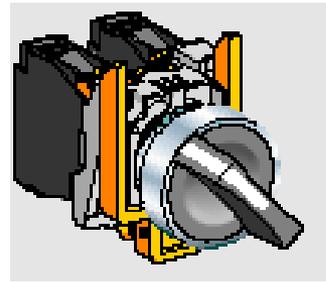
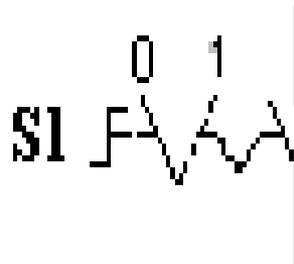
VI-I- Commande directe d'un moteur:



VI- Commande des moteurs électriques :

VI-I-2- schémas de commande :

1- Commande par contact permanent:



Etablir le circuit de commande en prévoyant:

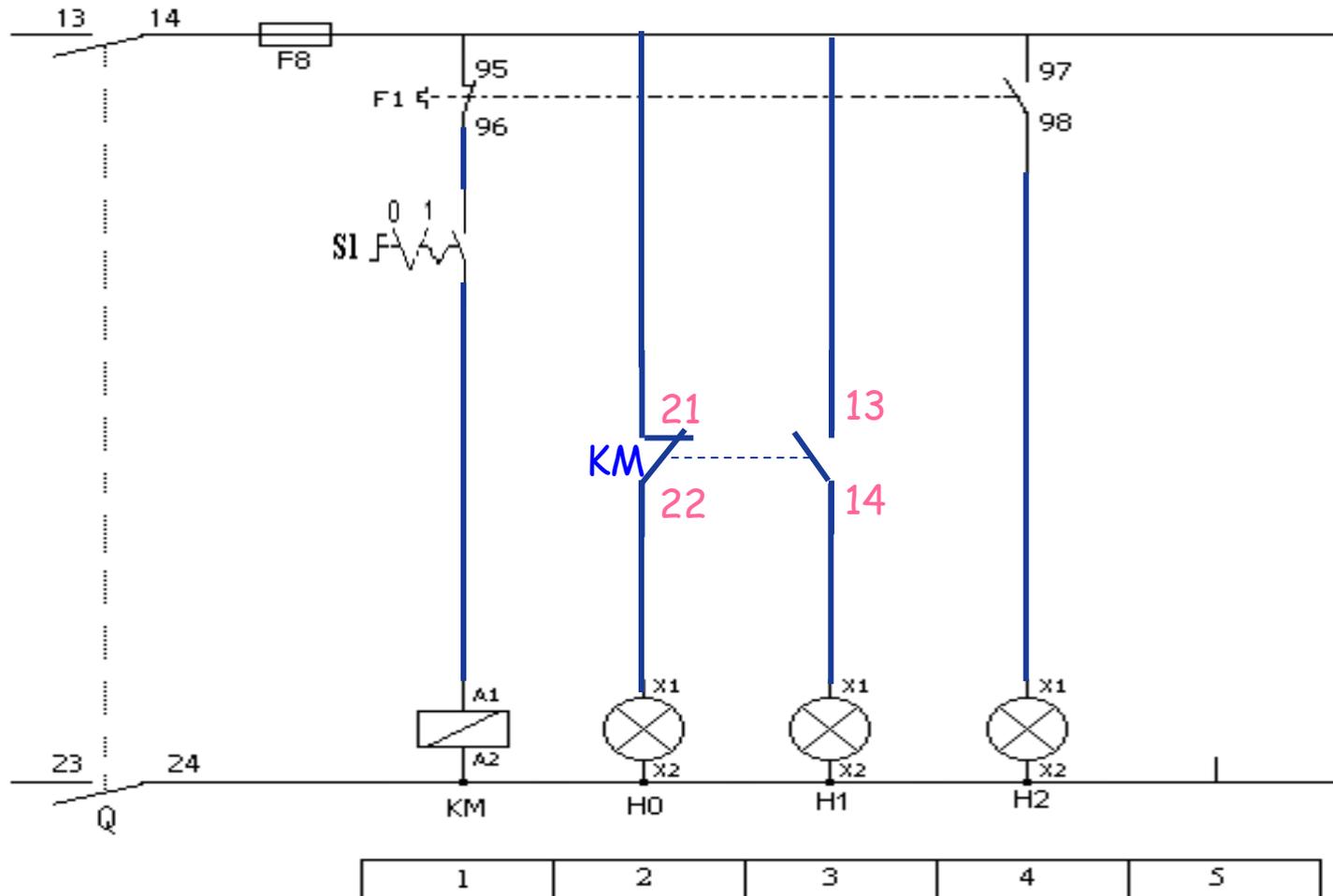
- La protection contre les surcharges,
- Les différentes signalisations (H1 : marche, H0 : arrêt et H2 : défaut thermique).

VI- Commande des moteurs électriques :

VI-I-2- schémas de commande :



1- Commande par contact permanent:

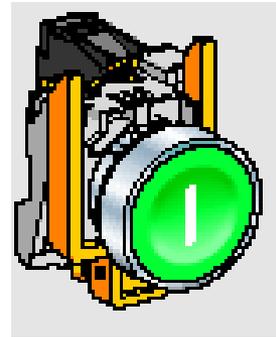


VI- Commande des moteurs électriques :

VI-I-2- schémas de commande :

2- Commande par Bouton Poussoir:

- Marche à coup:

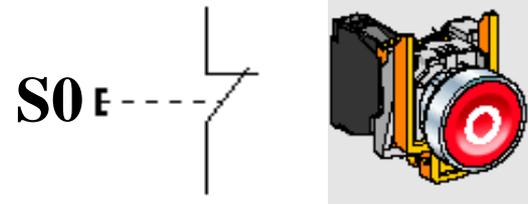
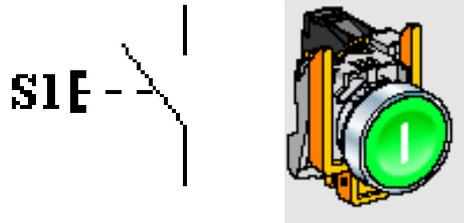


Appui sur S1 ⇒ marche du moteur et

Relâchement de S1 ⇒ arrêt du moteur.

2- Commande par Bouton Poussoir:

- Marche continue (normale):



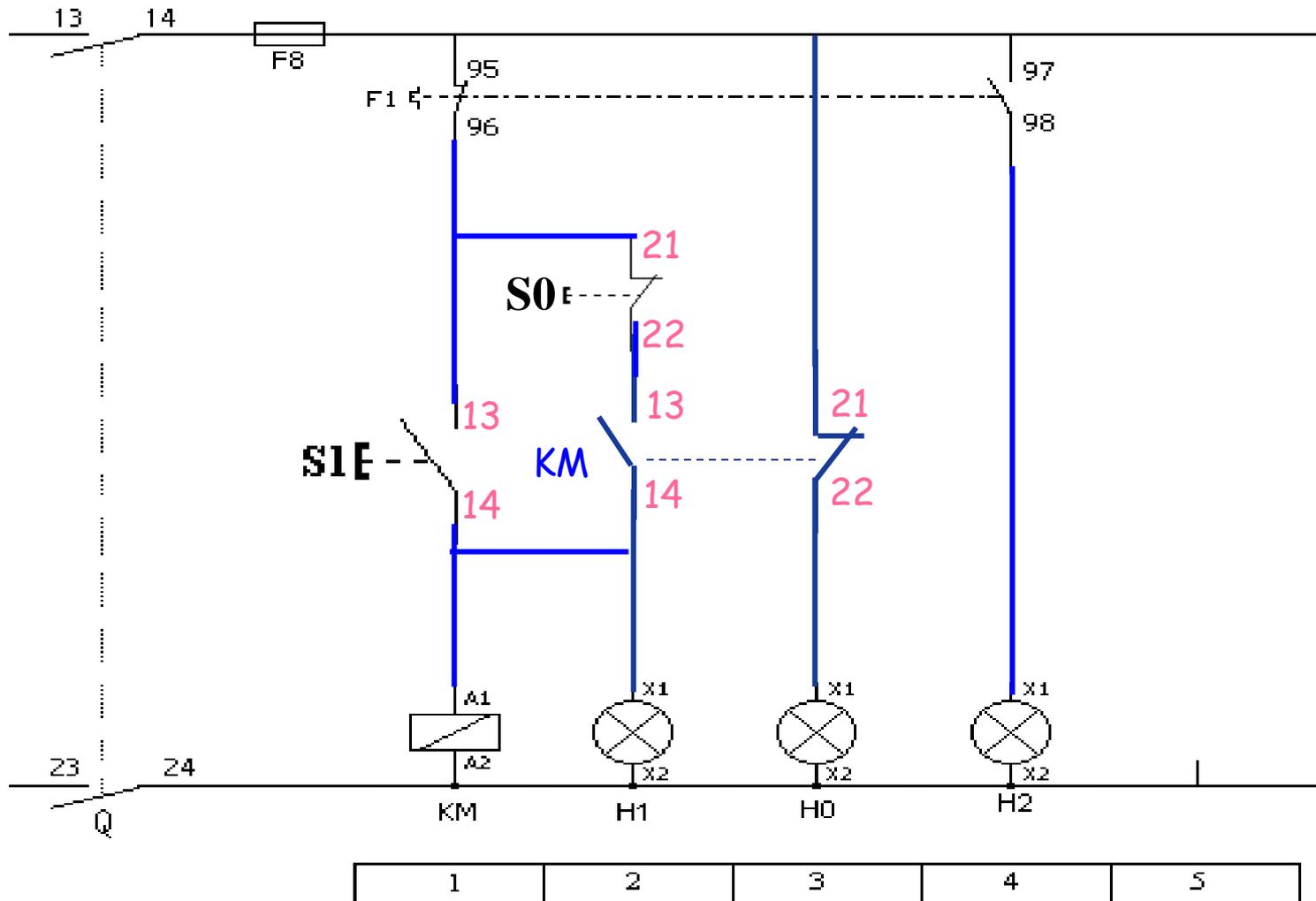
Appui sur S1 ⇒ **marche** du moteur

Relâchement de S1 ⇒ **moteur reste en marche**

Appui sur S0 ⇒ **arrêt** du moteur.

▪ Marche continue (normale):

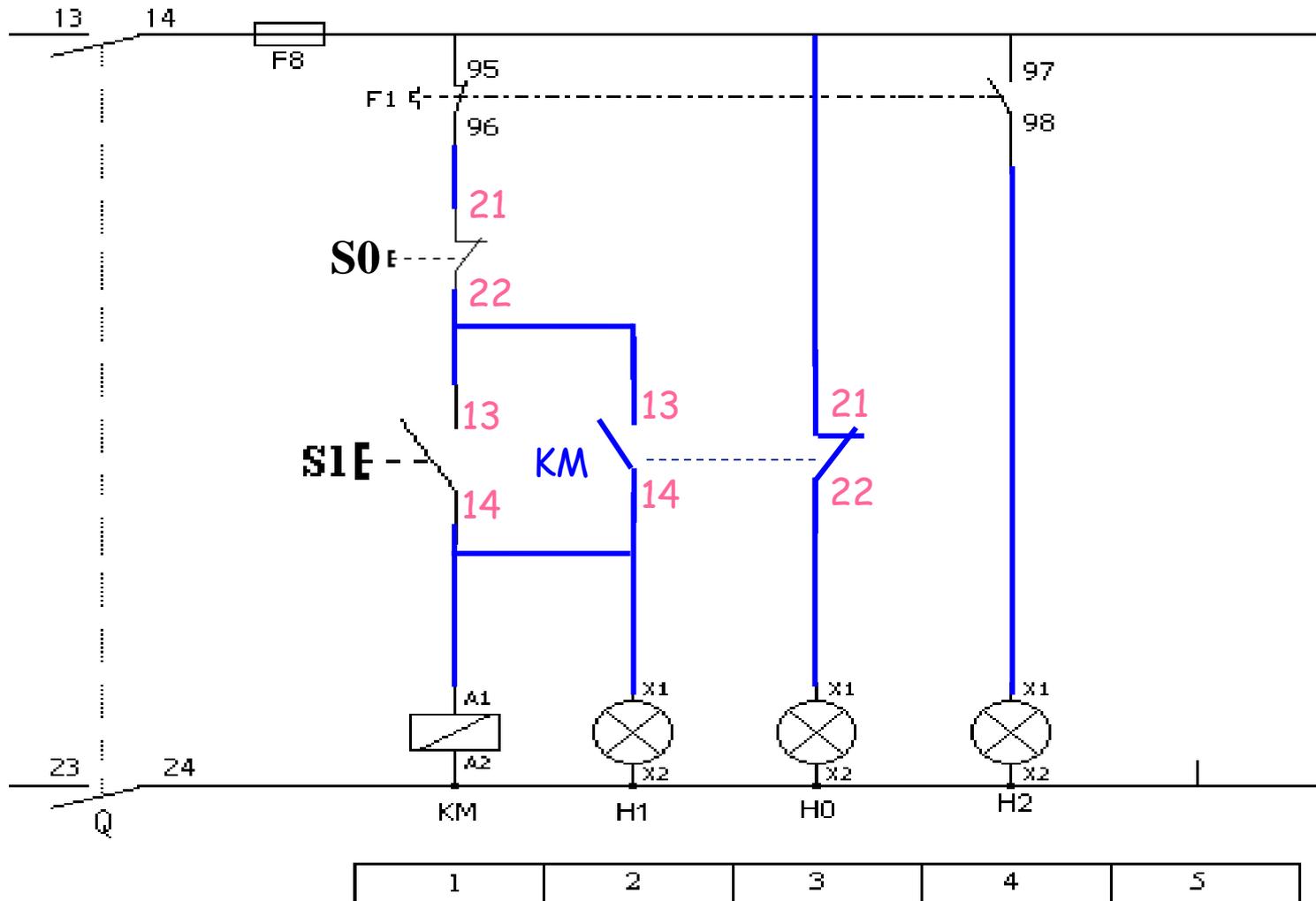
marche prédominante :



▪ Marche continue (normale):



arrêt prédominant :



EXERCICES

Exercice 1: On désire commander de deux façons le démarrage d'un moteur asynchrone :

- Marche par à-coups réalisée par S2.
- Marche normale réalisée par S0 et S1.

Etablir le circuit de commande dans le cas où l'appui simultané sur S1 et S2 provoque l'arrêt du moteur.

EXERCICES

Exercice 5 :

Réalisez le circuit de puissance d'un moteur triphasé (démarrage direct) en schéma unifilaire. Le moteur est alimenté à travers un sectionneur sans fusibles et protégé par un relais thermique (F1) contre les surcharges et par des fusibles aM (F2) contre les courts circuits.

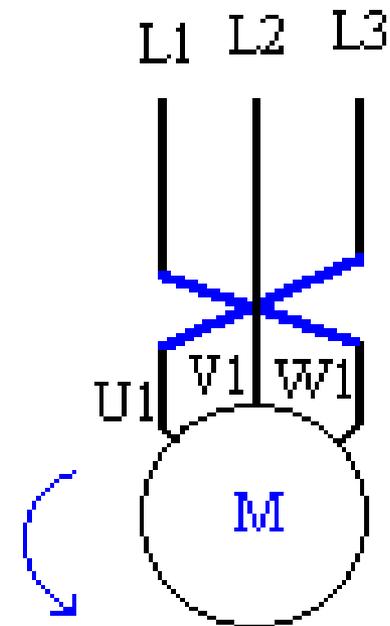
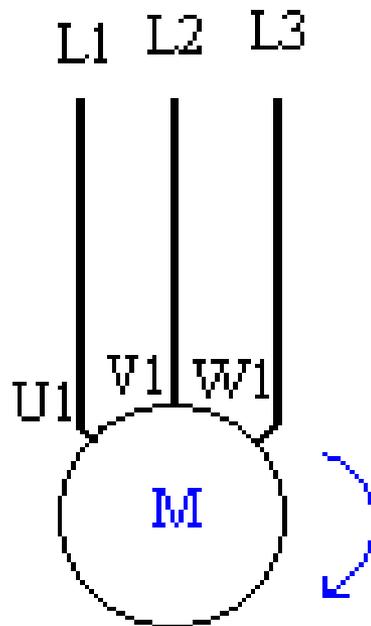
Etablir le circuit de commande en utilisant une commande par boutons poussoir à partir de deux endroits différents :

1^{er} endroit : S0 (bouton d'arrêt), S1 (bouton Marche) réalisant la commande à marche prédominante.

2^{ème} endroit : S2 (bouton d'arrêt), S3 (bouton Marche) réalisant la commande à arrêt prédominant.

VI-II- Démarreur Inverseur :

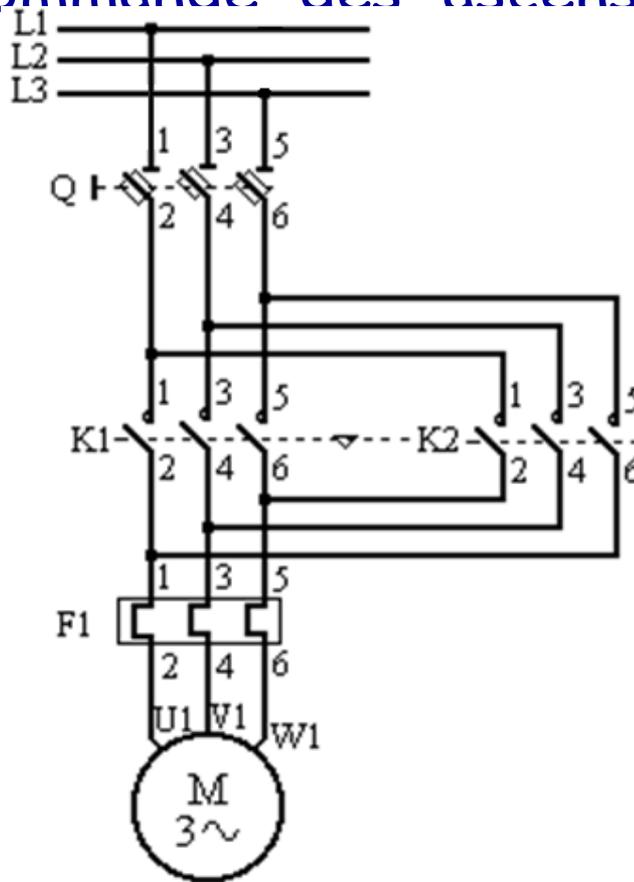
Il permet l'inversion de sens de rotation d'un moteur.
Pour inverser le sens de rotation d'un moteur triphasé,
il faut permuter 2 phases d'alimentation du circuit du
moteur.



VI-II- Démarreur Inverseur :

Pour réaliser l'inversion automatique il faut utiliser un **contacteur à verrouillage mécanique**.

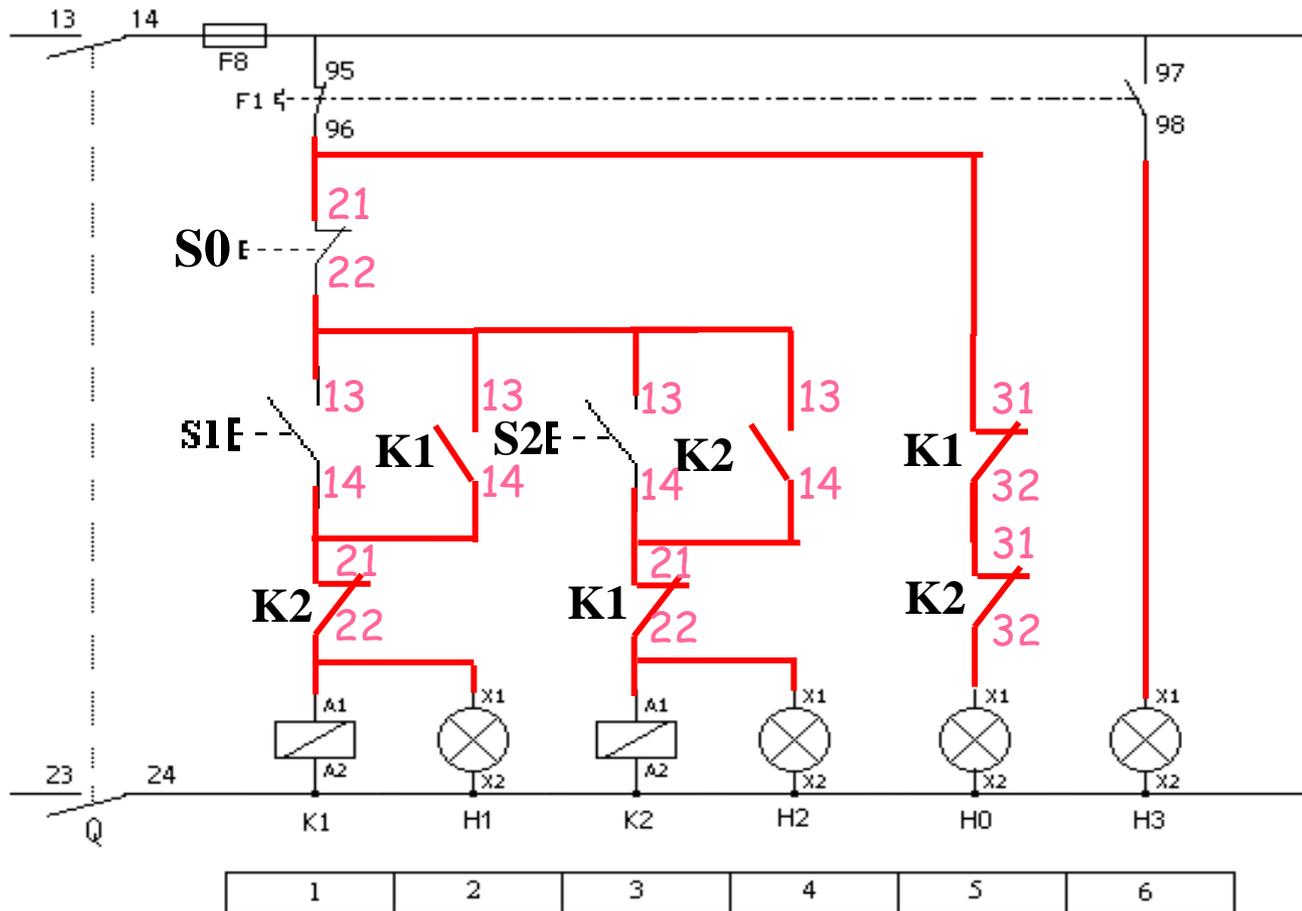
On les trouve dans la commande des ascenseurs, des fraiseuses,etc.



VI-II- Démarreur Inverseur :

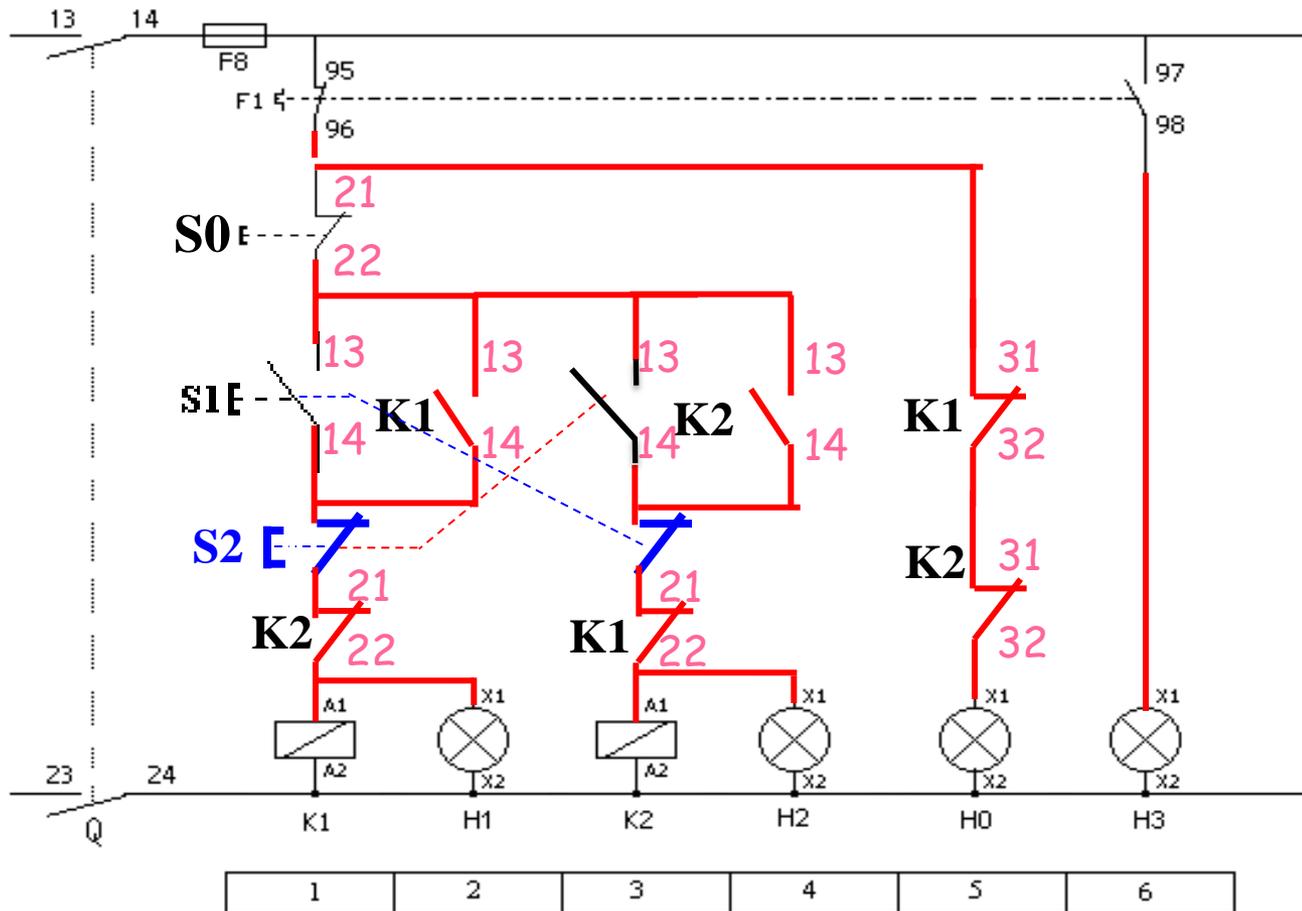


Inversion en passant obligatoirement par S0:



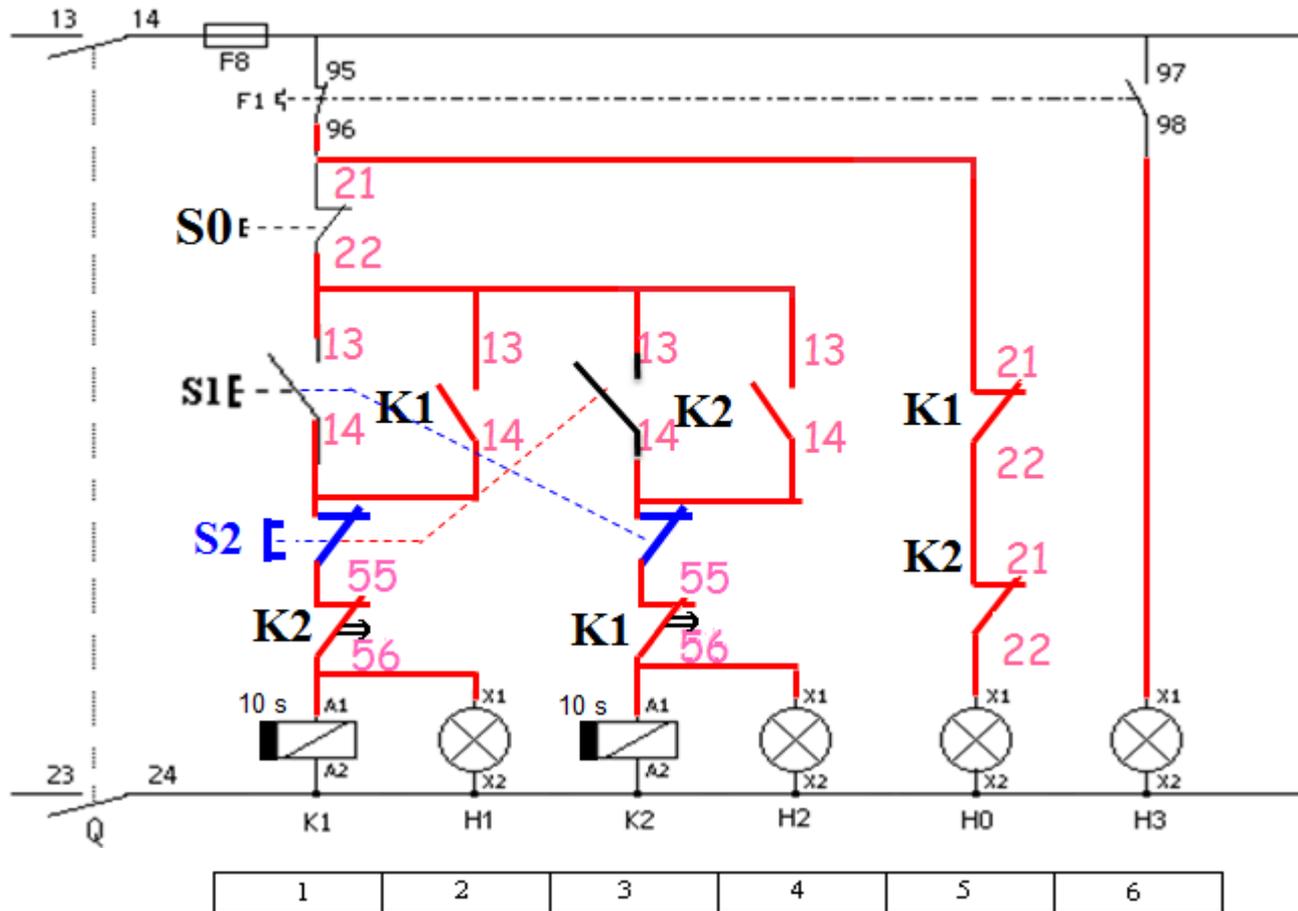
VI-II- Démarreur Inverseur :

Inversion sans passer obligatoirement par S0:



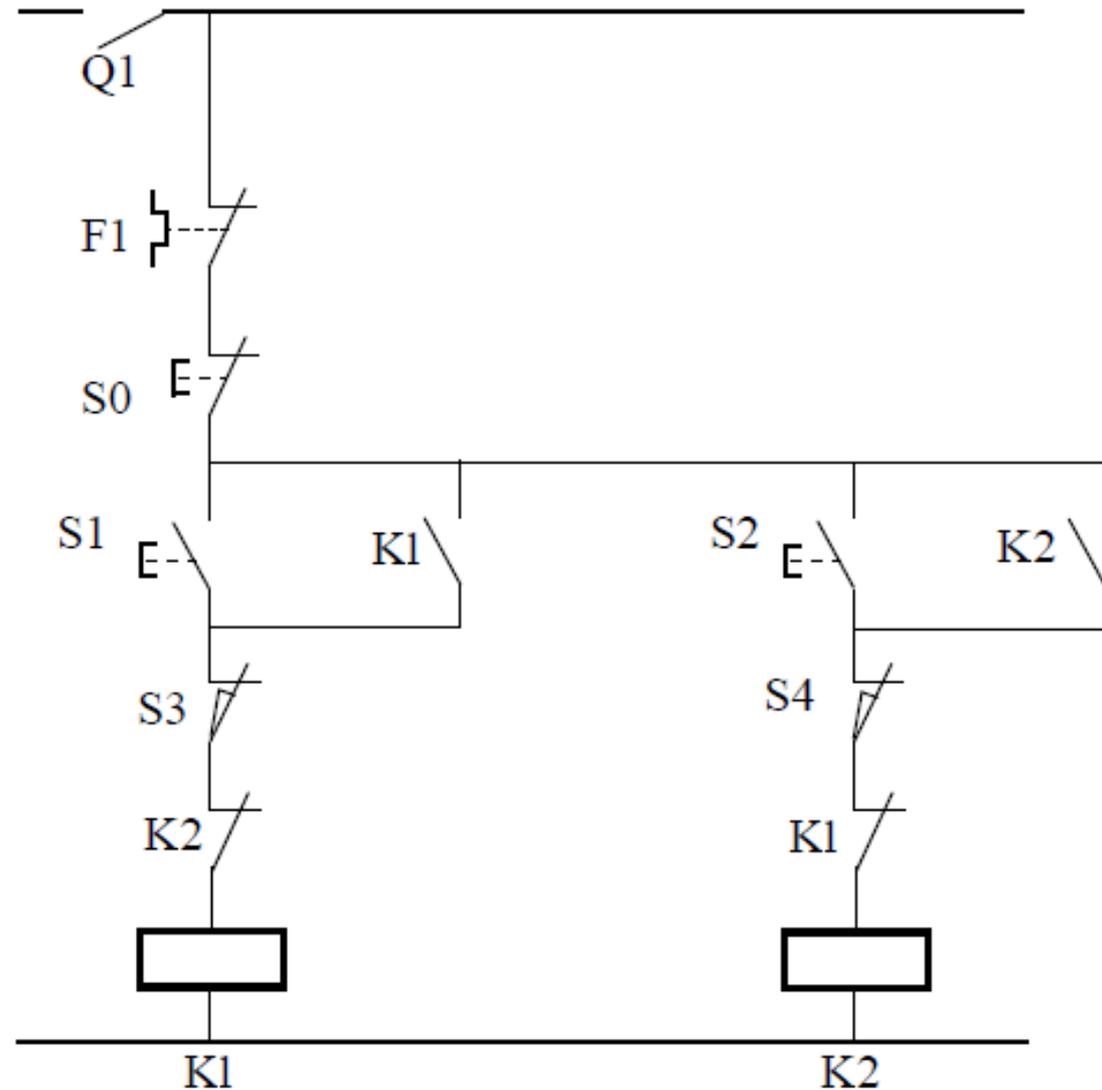
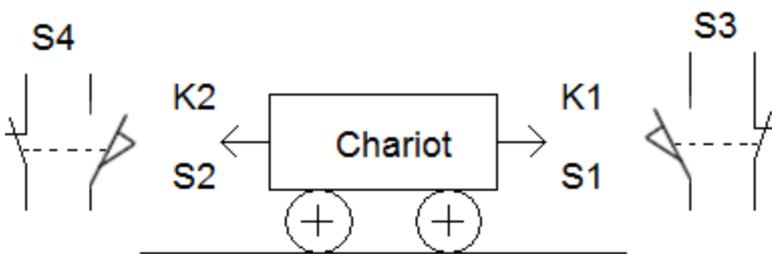
VI-II- Démarreur Inverseur :

Exercice : temporisation avant chaque inversion (t= 10 s)



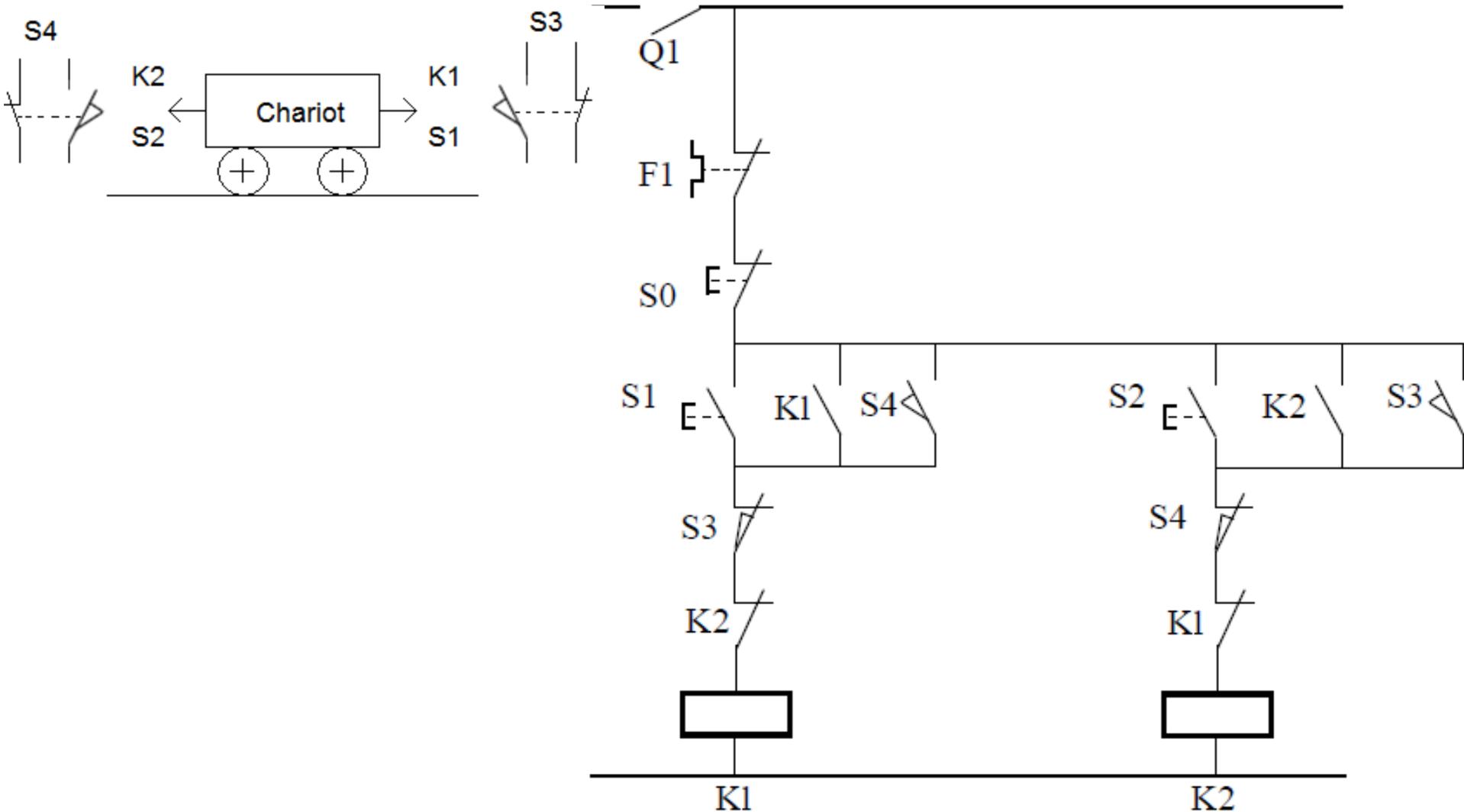
VI-II- Démarreur Inverseur :

Exercice: Deux sens de marche avec butées de fin de course :



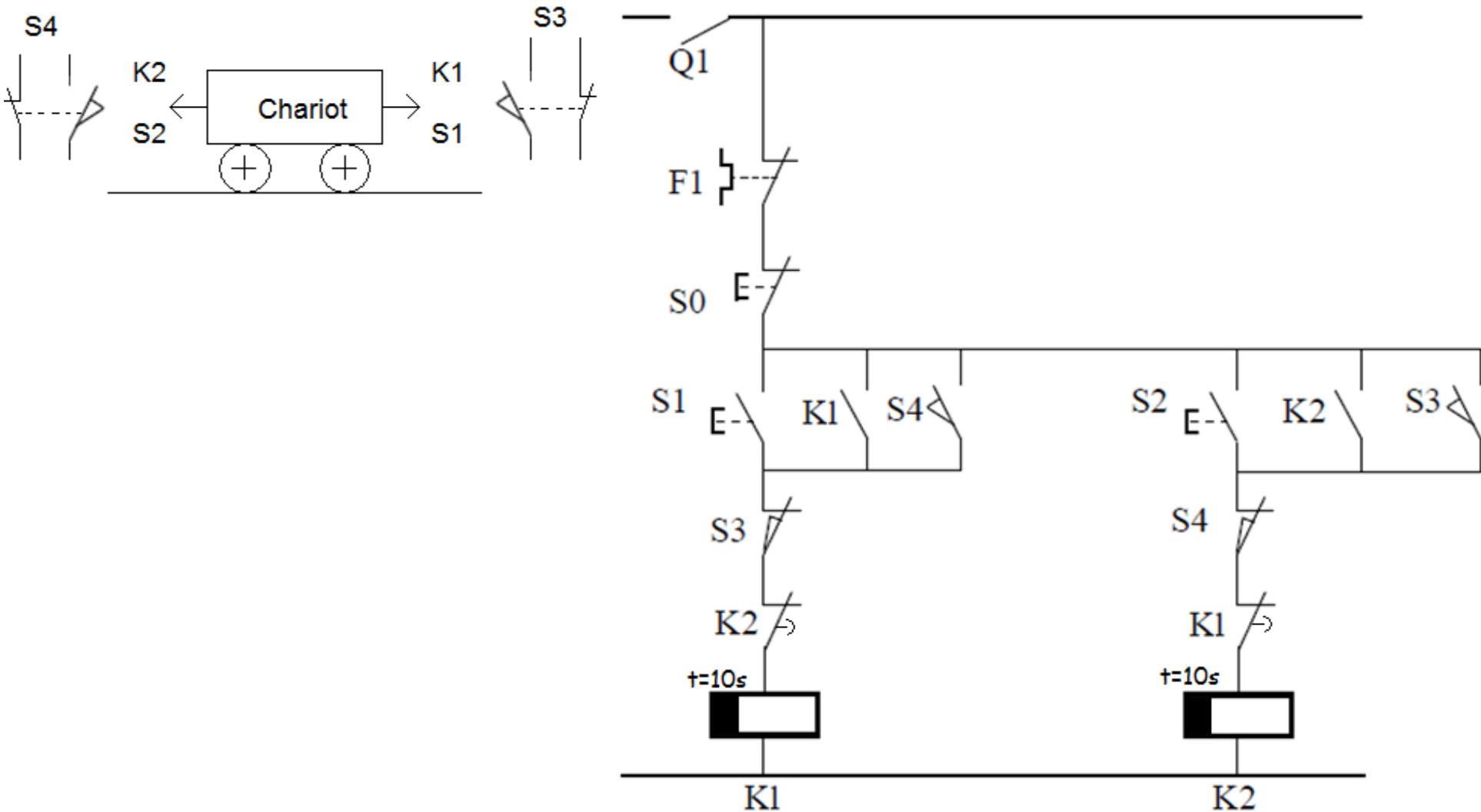
VI-II- Démarreur Inverseur :

Exercice: Inversion automatique avec butées de fin de course :



VI-II- Démarreur Inverseur :

Exercice : Inversion automatique avec butées de fin de course
+ temporisation avant chaque inversion :



Exercice 6:

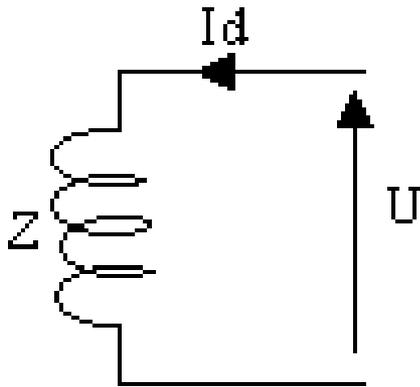
On désire commander un moteur M1 triphasé à partir de deux endroits différents : 1er endroit : (S0 et S1) marche-arrêt dans le sens avant à marche prédominante. 2ème endroit : (S2) marche du moteur dans le sens arrière pendant 30 secondes, puis s'arrête automatiquement (S0 n'aura aucun effet).

Etablir le circuit de puissance en schéma triphasé sachant que le moteur est alimenté à travers un disjoncteur sectionneur Q1 et protégé contre les surcharges par un relais thermique F1 dans les deux sens de rotation.

Etablir le circuit de commande selon la normalisation en vigueur. (ajoutez les signalisations suivantes : (Arrêt H0, marche avant H1 et marche arrière H2).

V- Comportement du moteur au démarrage :

Au démarrage un moteur asynchrone est équivalent à une inductance.



$$I_d = U / Z$$

I_d apparaît donc important et peut provoquer des chutes de tension conduisant à un mauvais fonctionnement des récepteurs et même un mauvais démarrage du moteur.

V- Comportement du moteur au démarrage :

1- Démarrage direct:

C'est un démarrage en un seul temps et le stator est couplé directement au réseau.

$I_d = 4 \text{ à } 8 I_n$

$\Gamma_d = 1,5 \text{ à } 2 \Gamma_n$. selon la puissance des moteurs.

Le démarrage direct permet donc de **démarrer le moteur en pleine charge** à condition que le réseau puisse fournir la pointe de courant de démarrage.

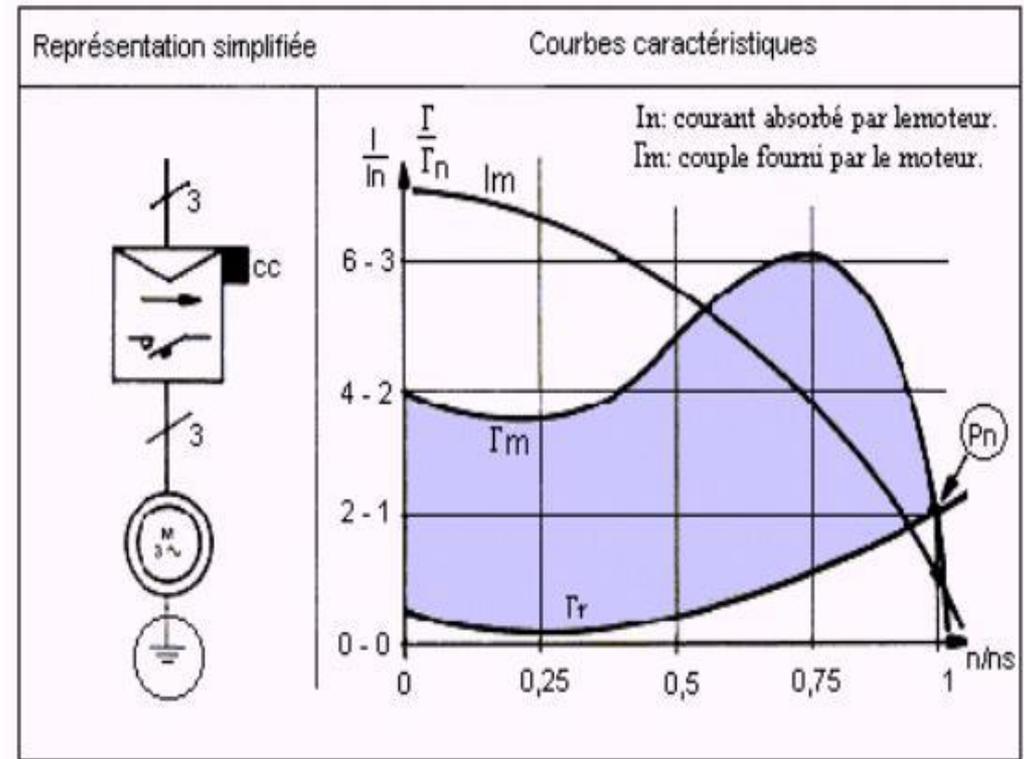
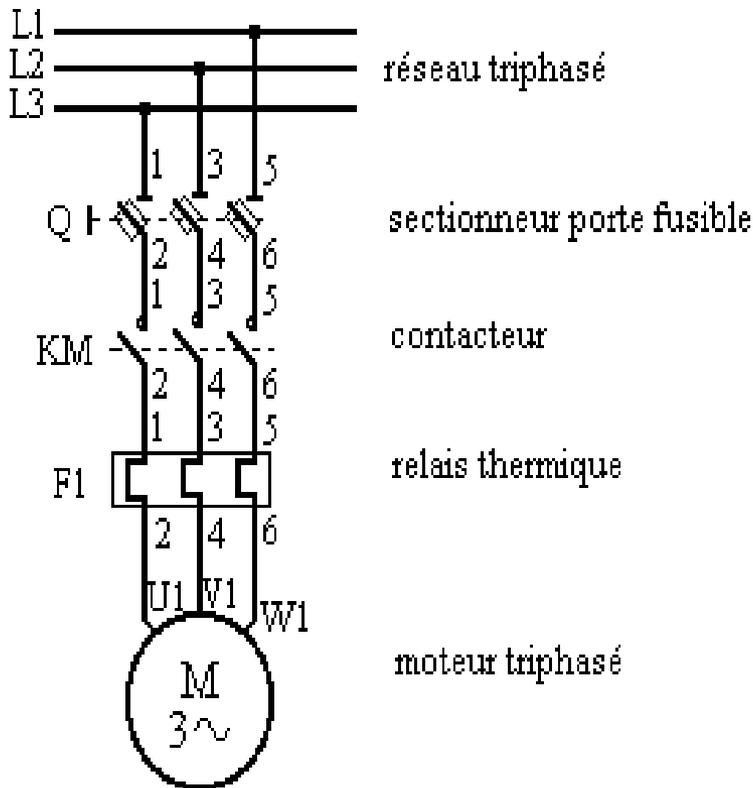
Caractéristiques de certains moteurs asynchrones

RÉSEAU 400 V 50 Hz

Puissance nominale	Vitesse nominale	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance			Rendement CEI 60034-2-1 2007			Courant démarrage/ Courant nominal	Moment démarrage/ Moment nominal	Moment maximum/ Moment nominal	Moment d'inertie	Masse
				Cos φ			η							
P _N kW	N _N min ⁻¹	M _N N.m	I _{N(400V)} A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4				kg.m ²	kg
0,75	1445	5,0	1,7	0,77	0,69	0,55	80,1	80,8	79,0	5,6	1,8	2,6	0,00261	11,7
1,1	1435	7,5	2,4	0,82	0,75	0,62	81,5	83,3	83,0	5,4	1,9	2,5	0,00298	12,2
1,5	1445	9,9	3,2	0,80	0,71	0,55	83,0	83,9	82,4	5,5	1,9	2,4	0,00374	14,6
2,2	1440	14,6	4,6	0,82	0,74	0,63	84,7	85,9	86,1	6,3	2,3	2,2	0,00531	21,3
3	1439	19,9	6,5	0,78	0,72	0,58	85,5	86,7	86,4	7,1	3,0	4,1	0,00665	25,7
4	1455	26,3	8,4	0,79	0,71	0,57	87,0	87,9	87,5	7,2	2,5	3,2	0,0129	35
5,5	1455	35,9	11,9	0,76	0,67	0,53	87,7	88,4	87,5	7,2	2,6	3,7	0,0157	42
7,5	1458	48,6	14,6	0,83	0,76	0,63	88,9	89,8	89,3	8,0	2,9	3,9	0,0252	57
11	1459	72,2	21,2	0,83	0,78	0,66	90,1	90,9	90,5	8,2	3,3	4,0	0,035	77
15	1457	97,9	28,2	0,84	0,80	0,69	90,8	91,8	92,1	7,4	2,2	3,1	0,07	91
18,5	1458	121	35,1	0,83	0,78	0,66	91,4	92,1	92,1	7,6	2,9	3,6	0,08	103
22	1458	144	41,0	0,84	0,79	0,67	91,8	92,5	92,5	7,8	2,8	3,3	0,09	115
30	1463	196	56,5	0,83	0,78	0,67	92,4	92,9	92,5	7,0	2,8	2,8	0,16	164
37	1469	240	69,7	0,82	0,78	0,68	92,9	93,7	93,8	6,3	2,7	2,7	0,23	205
45	1471	292	84,1	0,83	0,79	0,68	93,3	93,9	93,8	6,9	2,3	2,4	0,29	235

V- Comportement du moteur au démarrage :

1- Démarrage direct:



■ Circuit de puissance:

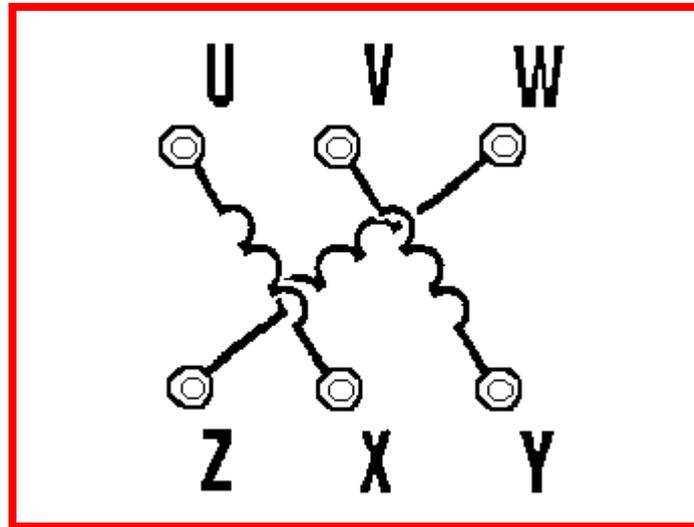
■ Caractéristique

V- Comportement du moteur au démarrage :

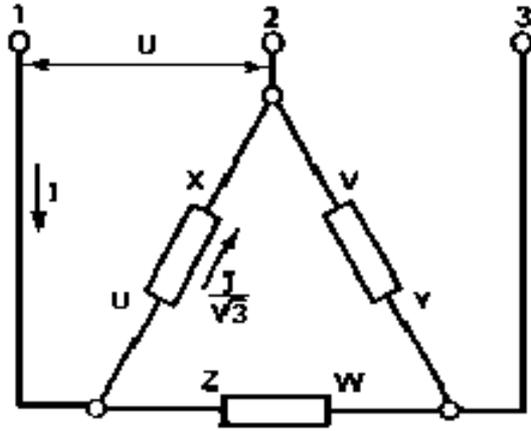
2-Démarrage étoile - triangle:

Ce démarrage ne peut être conçu qu'aux moteurs dont les deux extrémités des enroulements statoriques sont sorties sur la plaque à bornes et dont la tension du couplage triangle correspond à la tension du réseau.

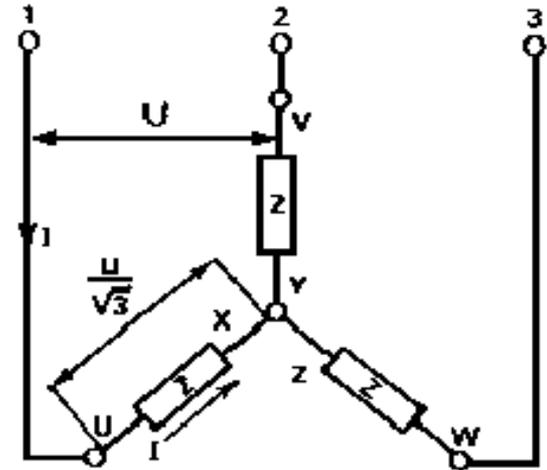
Plaques à bornes



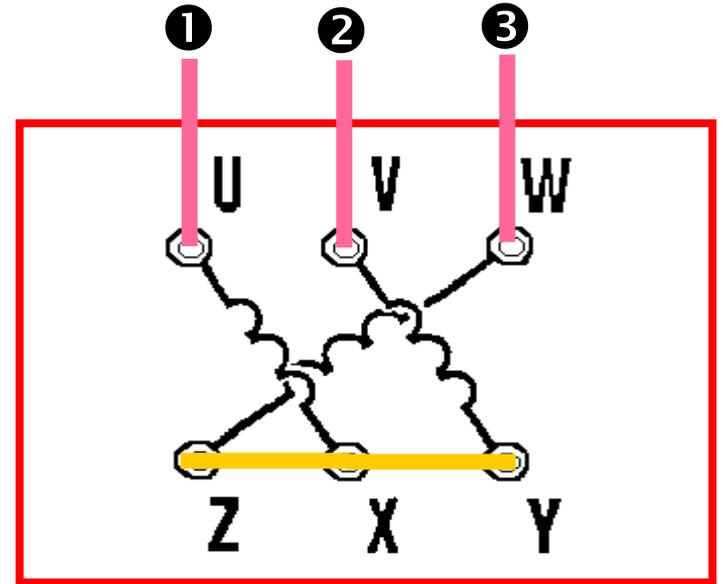
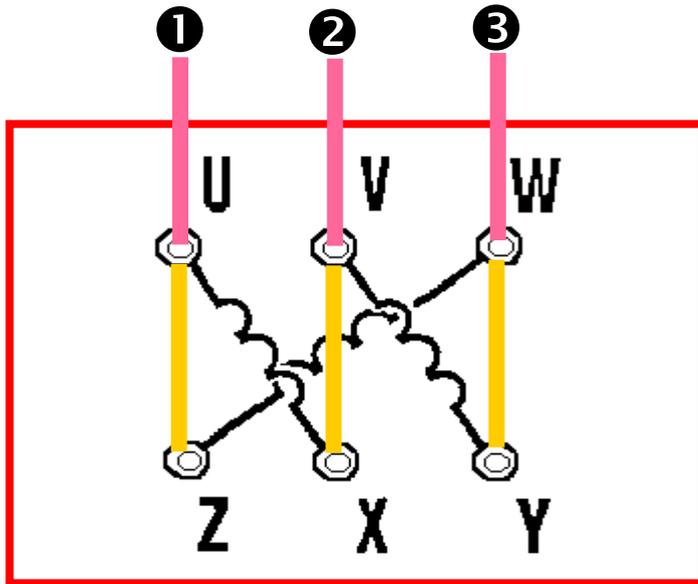
2-Démarrage étoile - triangle:



Couplage triangle



Couplage étoile



Plaque signalétique d'un moteur asynchrone

CE		IE2					
3 ~ Motor		M3BP 315 SMC 4 B3					
4500678913-10				2009		No. 3GF09123456001	
				Ins.cl. F		IP 55	
V	Hz	kW	r/min	A	cos φ	Duty	
690 Y	50	160	1487	165	0,85	S1	
400 D	50	160	1487	284	0,85	S1	
IE2 - 95,6(100%) - 95.6(75%) - 95.1(50%)							
Prod. code 3GBP312230-ADG							
				Nmax 2300 r/min			
6319/C3		6319/C3		1000 kg			
ABB				IEC 60034-1			

2-Démarrage étoile - triangle:

$$\text{On a : } U' = \frac{U}{\sqrt{3}} \quad \text{et} \quad I'd = \frac{U'}{Z} = \frac{U}{\sqrt{3}Z}$$

$$\text{D'autre part on a : } I_d = \sqrt{3} I_2 \quad \text{et} \quad I_2 = \frac{U}{Z}$$

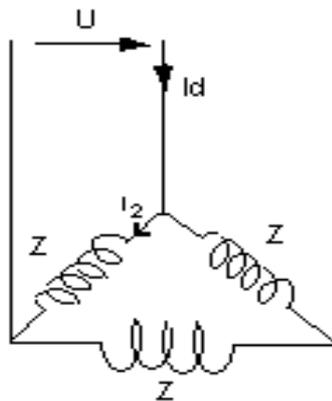
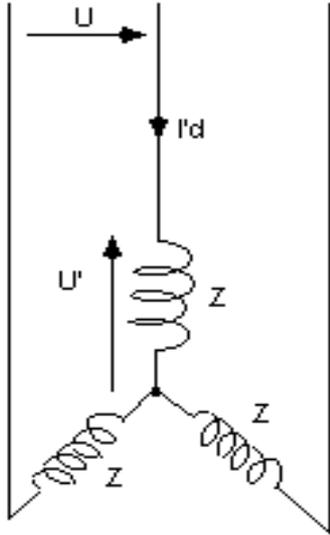
$$\Rightarrow \quad I_d = \frac{\sqrt{3}U}{Z}$$

$$\text{D'où } I'd/I_d = 1/3$$

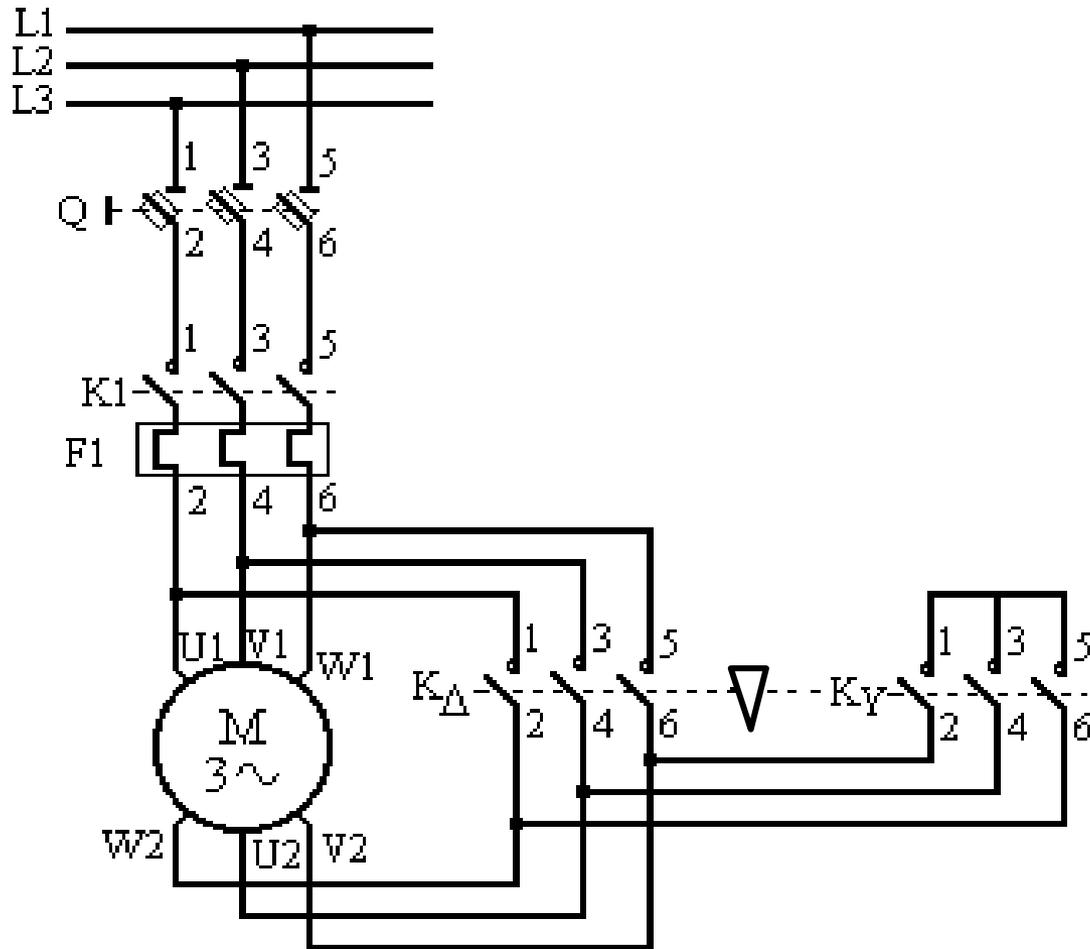
Le couple est réduit proportionnellement au carré de la tension \Rightarrow

$$\Gamma'd / \Gamma d = (U'/U)^2 = 1/3$$

machines démarrant à vide ou à faible couple résistant.

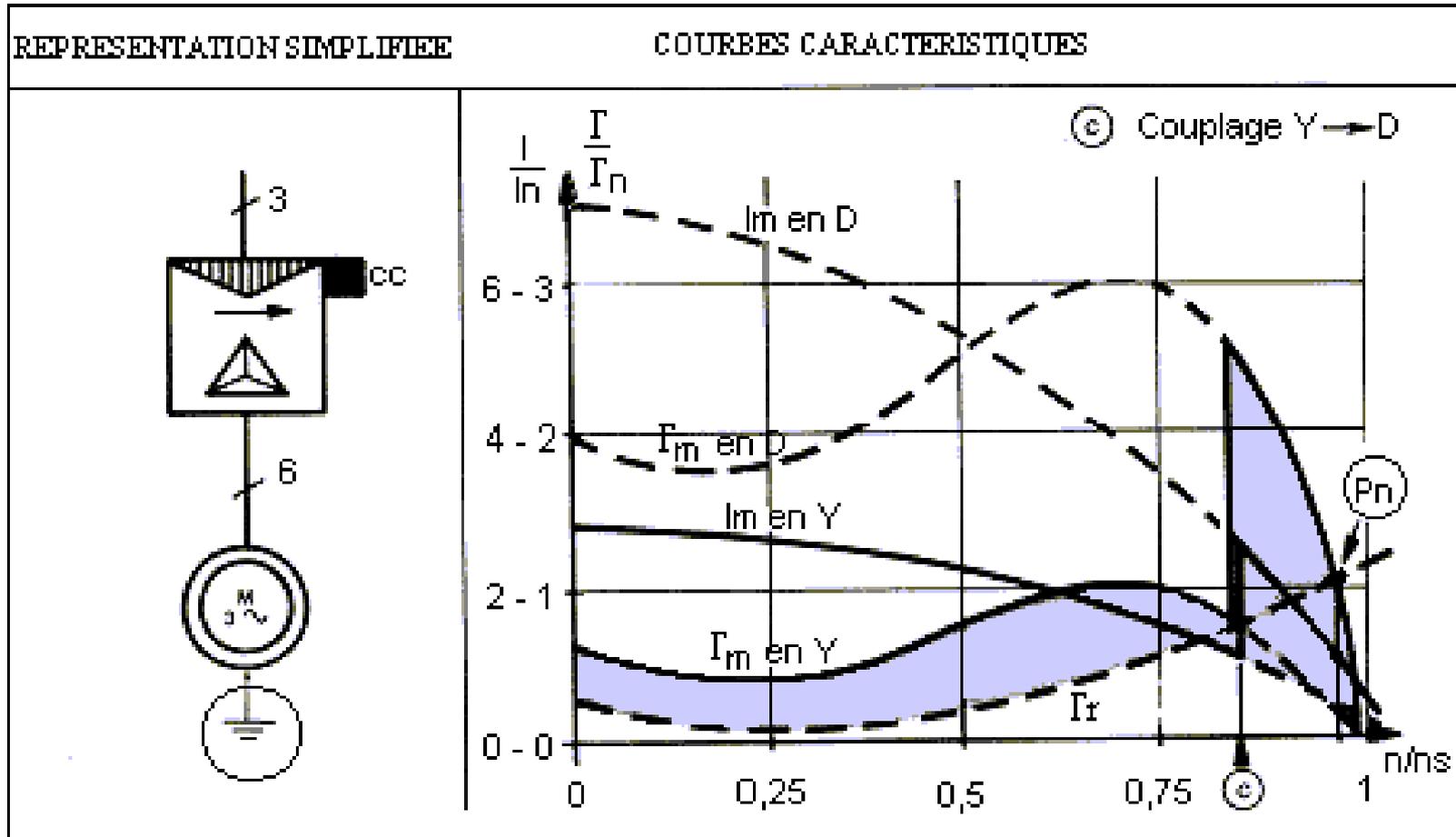


2-Démarrage étoile - triangle: Circuit de puissance



2-Démarrage étoile - triangle:

Caractéristique

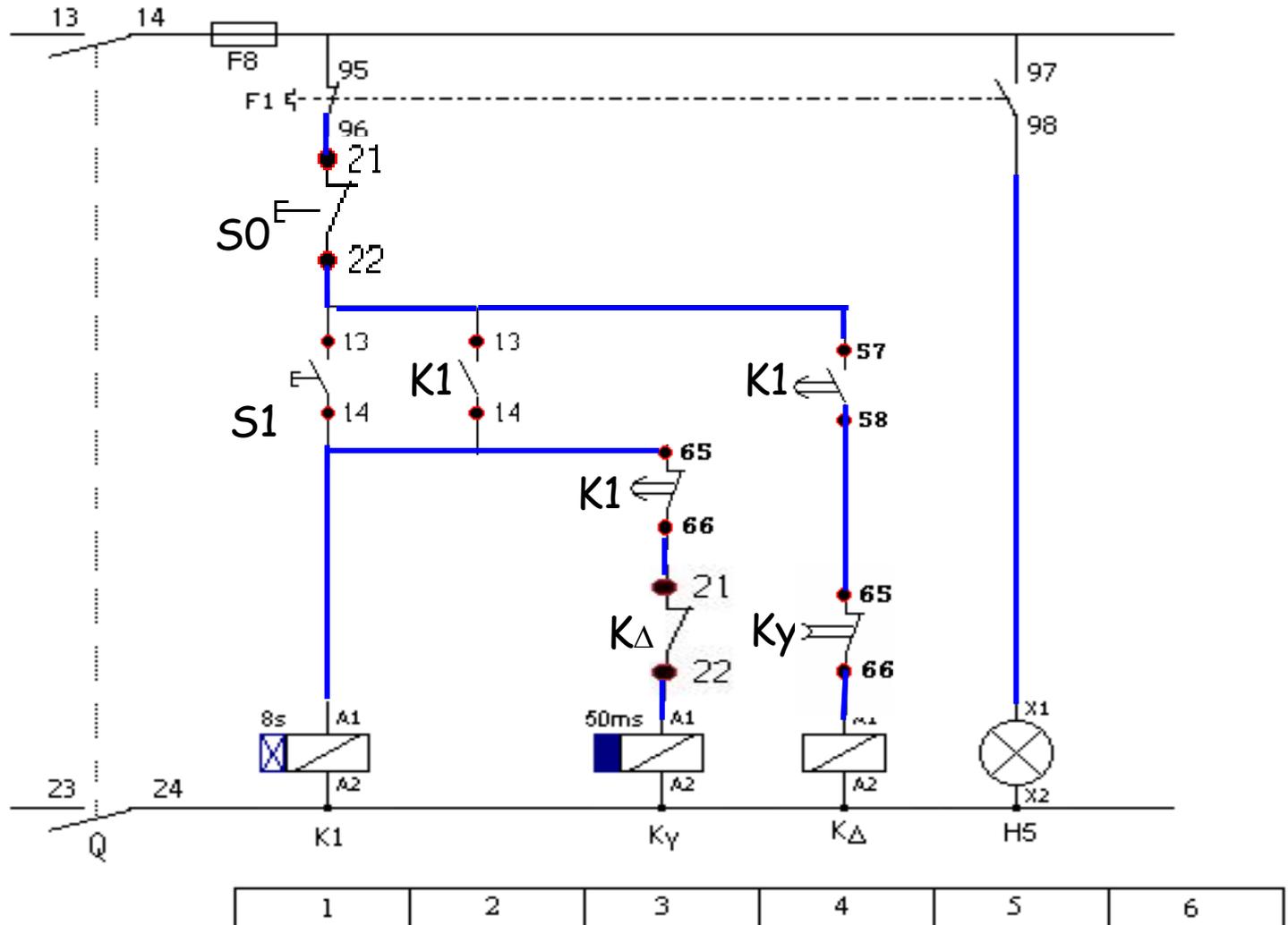


Remarque : Pour les moteurs de grande puissance, il faut marquer un temps d'arrêt avant de commuter au couplage triangle. Ce temps est de l'ordre de 25 à 50 ms (temps nécessaire pour l'extinction de l'arc électrique entre les pôles du contacteur étoile)

2-Démarrage étoile - triangle:

Circuit de commande

Schéma 1:



Exercice 7 :

Etablir le circuit de puissance en schéma triphasé et le circuit de commande d'un moteur M1 de petite puissance utilisé en démarrage étoile triangle avec 2 sens de rotation et protégé par un relais thermique F1. Avec les notations suivantes :

- Q sectionneur porte fusible
- F1 relais thermique
- K1, K2 contacteurs de ligne
- K3 contacteur étoile
- K4 contacteur triangle
- Bornes de M1 : U1, V1, W1, U2, V2 et W2.
- S0, S1 et S2 : Bouton d'arrêt, bouton marche sens 1 et bouton marche sens 2.

N.B : On veut avoir une inversion en passant obligatoirement par S0.

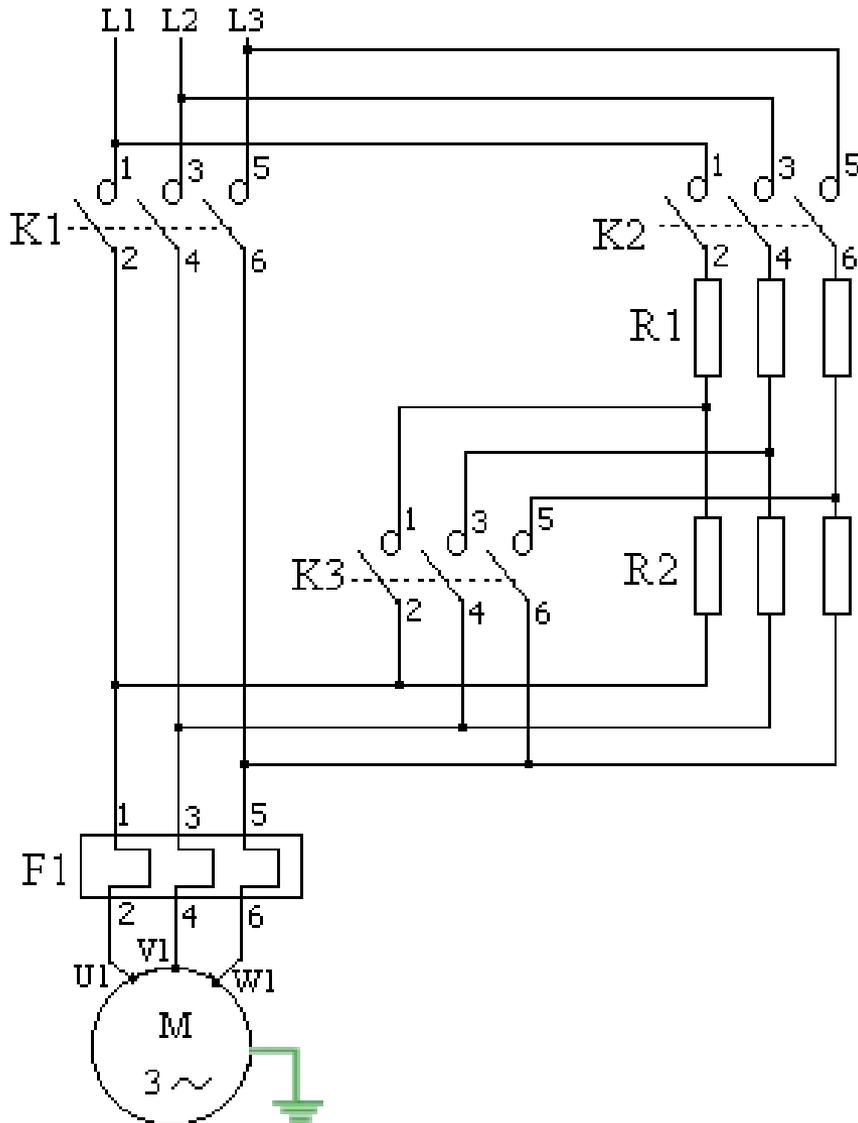
Exercice 4 : commande de trois lampes

On désire commander alternativement trois lampes H1, H2 et H3 respectivement par trois contacteurs auxiliaires temporisés K1, K2 et K3. Le relais K1 règle le temps d'allumage de H1, le relais K2 règle celui de H2 et K3 celui de H3.

A la fermeture du contact permanent S1, la lampe H1 s'allume, après t_1 réglé par K1, H2 s'allume et H1 s'éteint, et après t_2 réglé par K2, H3 s'allume et H2 s'éteint (H1 reste éteinte), et après t_3 réglé par K3, H1 s'allume et H3 s'éteint et le cycle se poursuit indéfiniment. L'arrêt du cycle s'effectue par l'ouverture de S1.

3-Démarrage Statorique:

Principe



⇒ Démarrage doux sans surintensité

$$(N \text{ Temps} = N B R + 1)$$

Démarrage en 3 temps:

- 1er temps: insertion des blocs de résistances R1 et R2,
- 2ème temps: élimination d'un bloc de résistance (R2),
- 3ème temps: élimination des 2 blocs de résistances et couplage du stator sous la pleine tension du réseau.

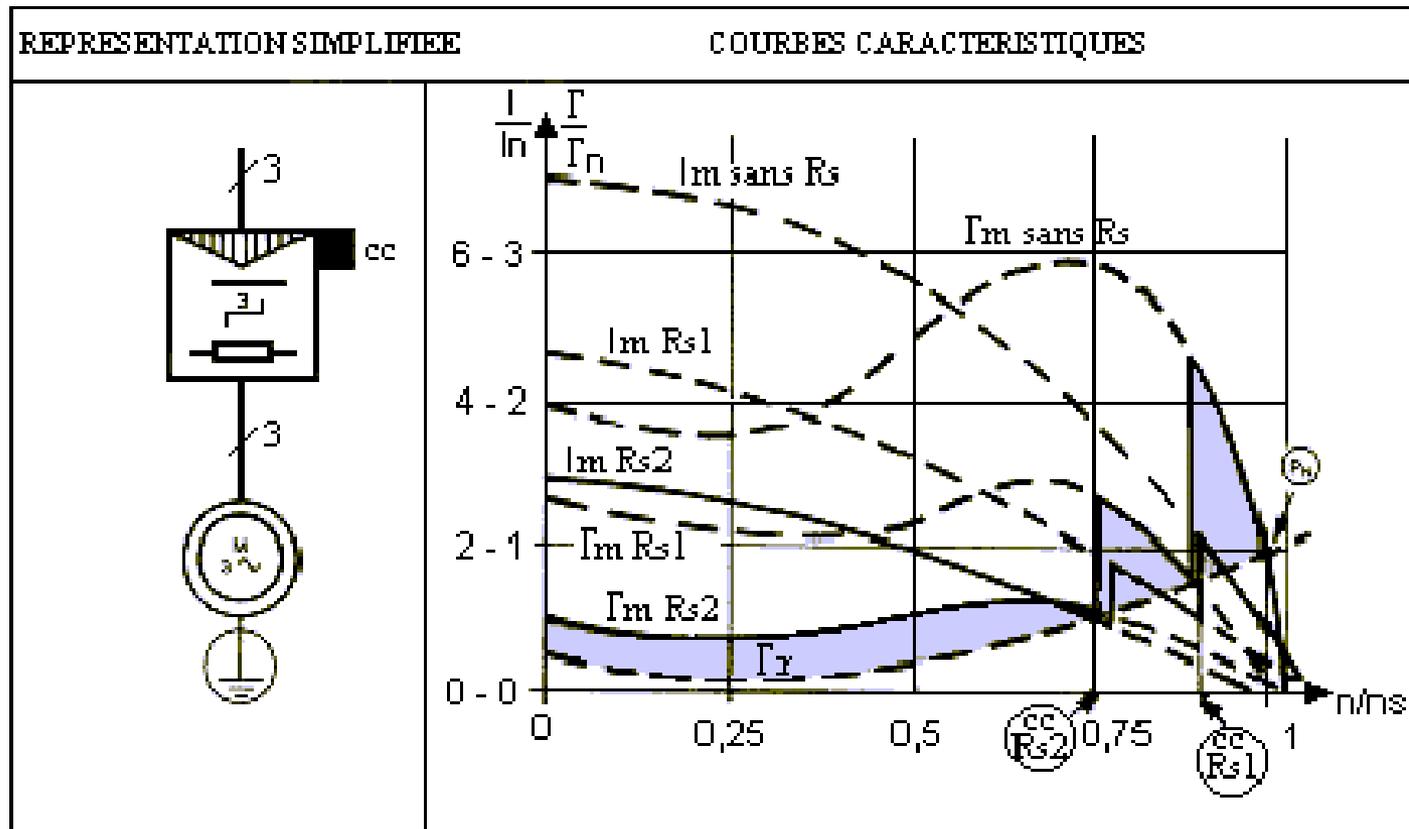
3-Démarrage Statistique:

Le courant est réduit proportionnellement à la tension :

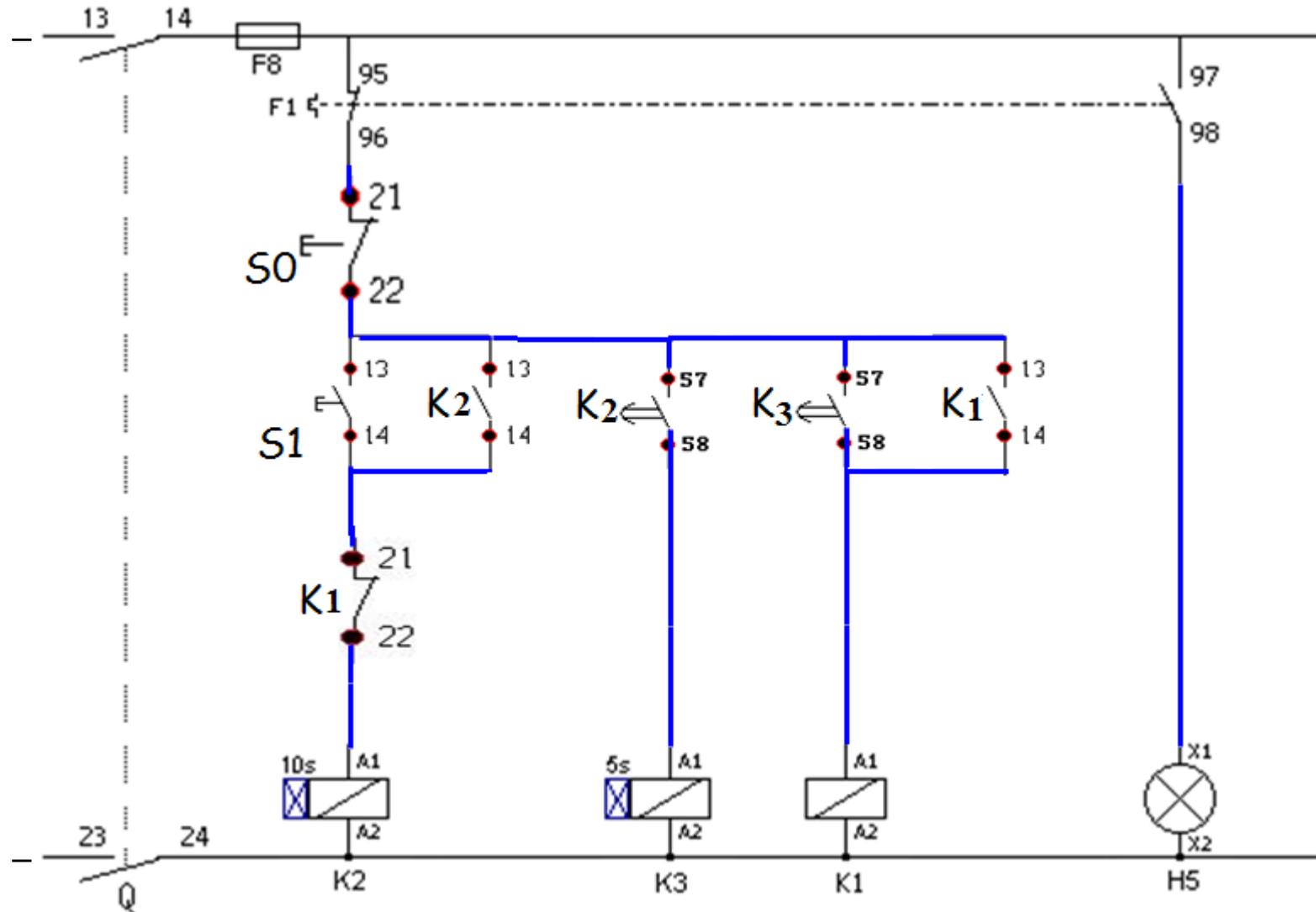
$$I'd / Id = U' / U.$$

Le couple est réduit proportionnellement au carré de la tension

$$\Gamma 'd / \Gamma d = (U' / U)^2$$



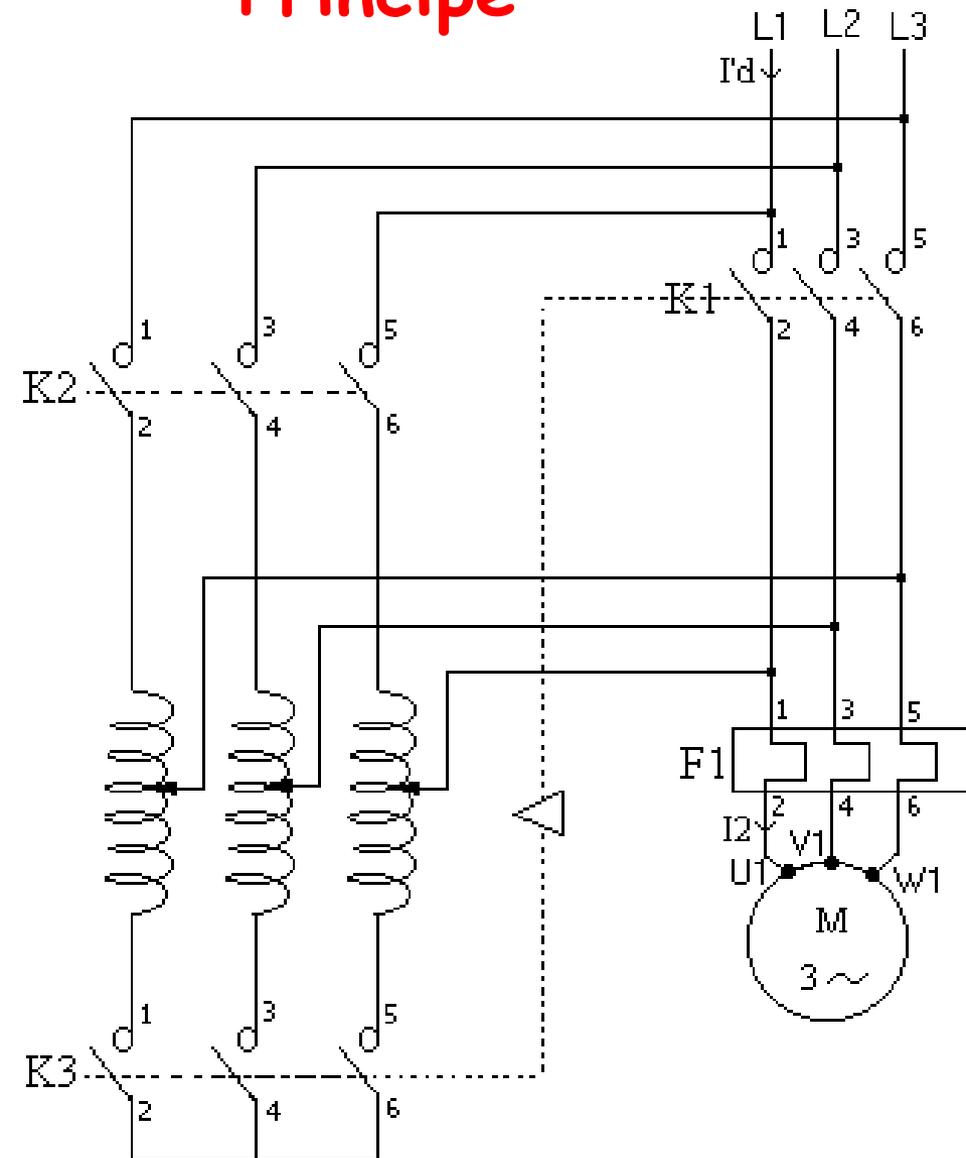
3-Démarrage Statistique: Circuit de commande



1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

4-Démarrage par Autotransformateur:

Principe



⇒ Démarrage doux sans surintensité

C'est un démarrage en 2 temps:

1er temps: enclenchement de K3 puis K2, démarrage sous tension réduite.

2ème temps: déclenchement de K3 et enclenchement de K1, couplage du stator sous la pleine tension puis déclenchement de K2.

4-Démarrage par Autotransformateur:

Principe

Le couple est réduit proportionnellement au carré de la tension ainsi que le courant de ligne mais il est un peu élevé, vu le courant magnétisant de l'autotransformateur.

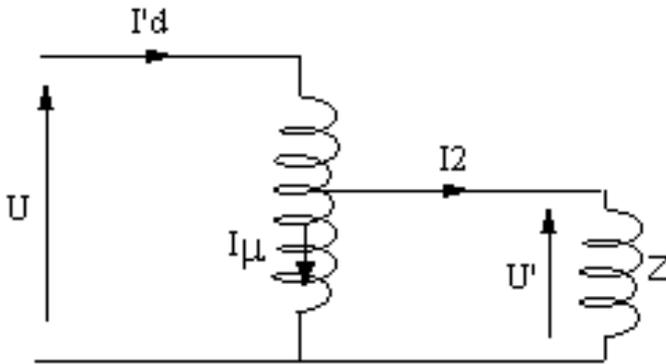
$$\Gamma'_{d} / \Gamma_{d} = (U' / U)^2$$

$$I'_{d} / I_{d} = 1,15 (U' / U)^2$$

(Ici on a pris le courant magnétisant = 15% du courant primaire)

4-Démarrage par Autotransformateur:

Principe



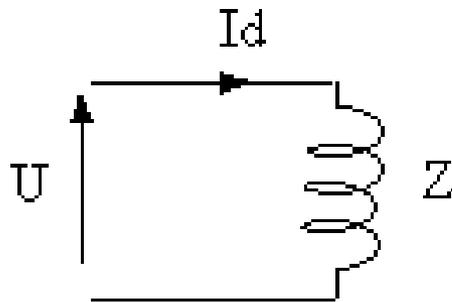
On a: $I'd = I_{\mu} + m \cdot I_2$

Avec $m = U' / U$

I_{μ} est le courant magnétisant de l'autotransformateur, il dépend de la qualité de l'autotransformateur.

On a : $I_2 = U' / Z$ et $I_d = U / Z \Rightarrow$

$$I_2 = \frac{U'}{U} I_d = m I_d$$



Si $I_{\mu} = 15\%$ du courant primaire, soit:

$I_{\mu} = 0.15 (m I_2) = 0.15 (U' / U)^2 I_d$, on a alors :

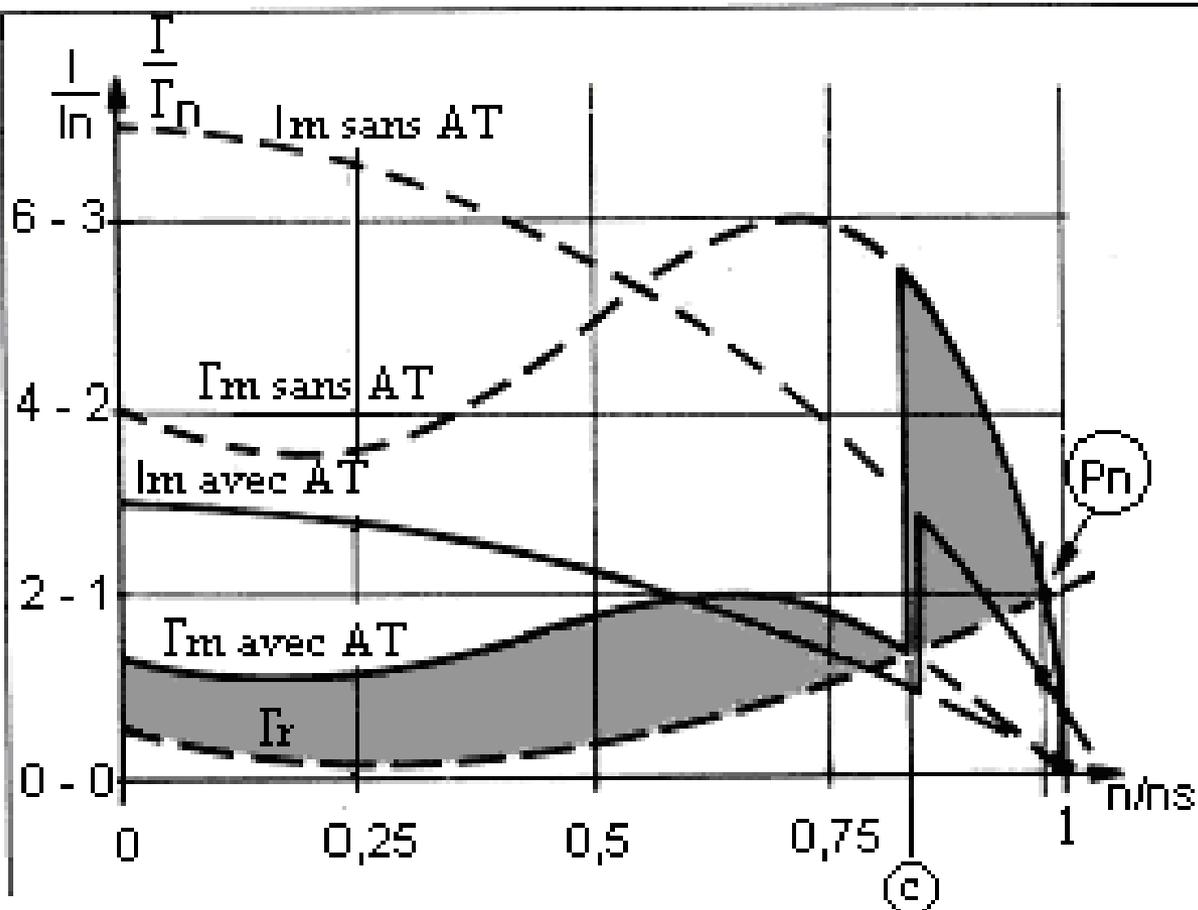
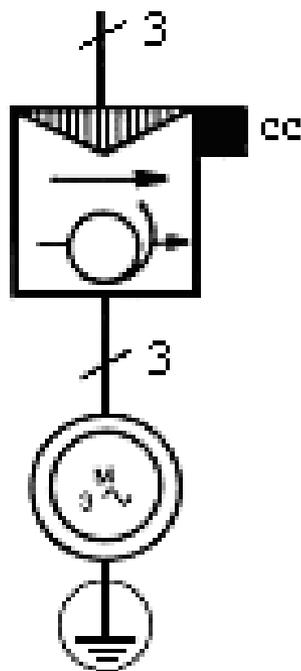
$$I'd / I_d = 1.15 (U' / U)^2$$

4-Démarrage par Autotransformateur:

Caractéristique

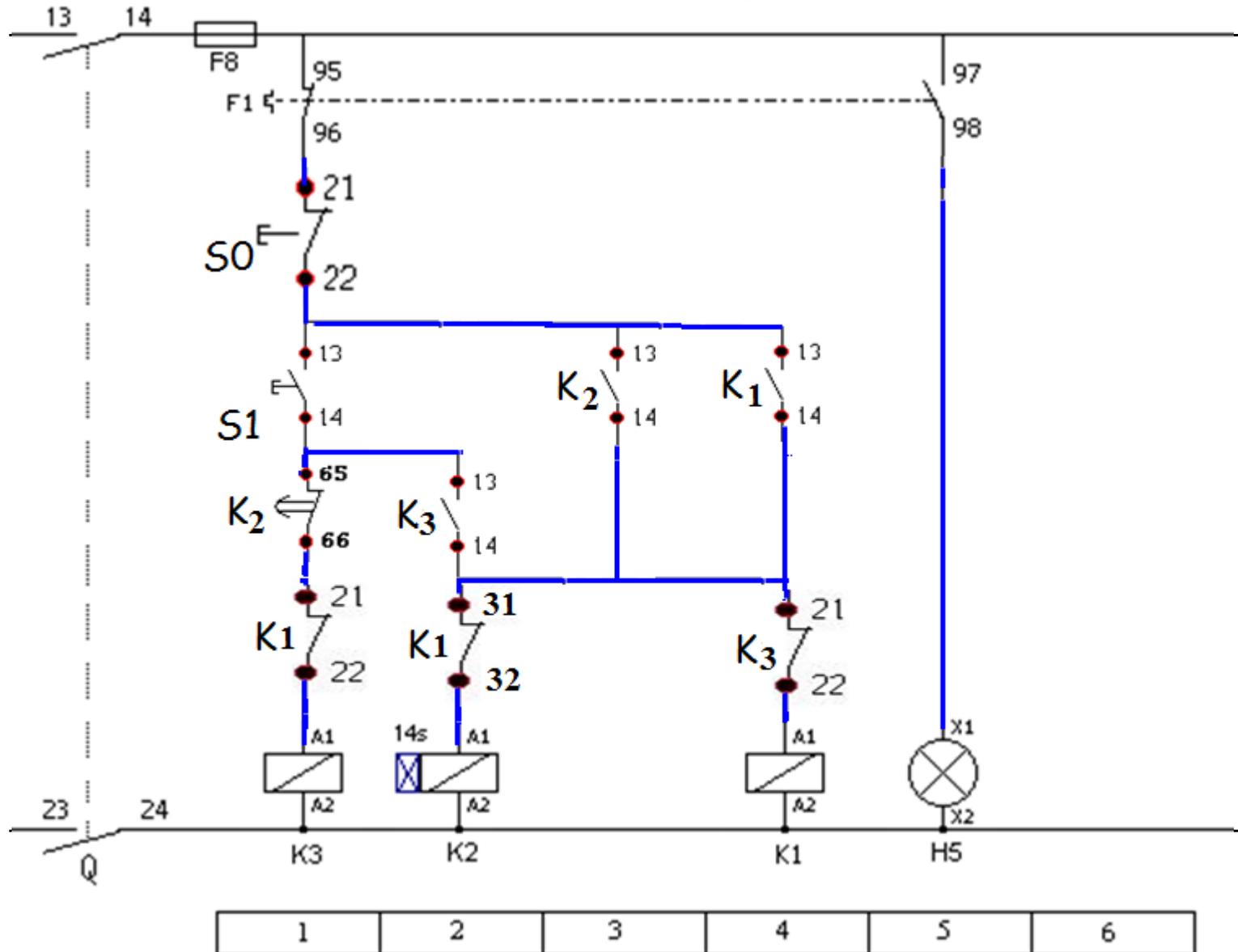
REPRESENTATION SIMPLIFIEE

COURBES CARACTERISTIQUES



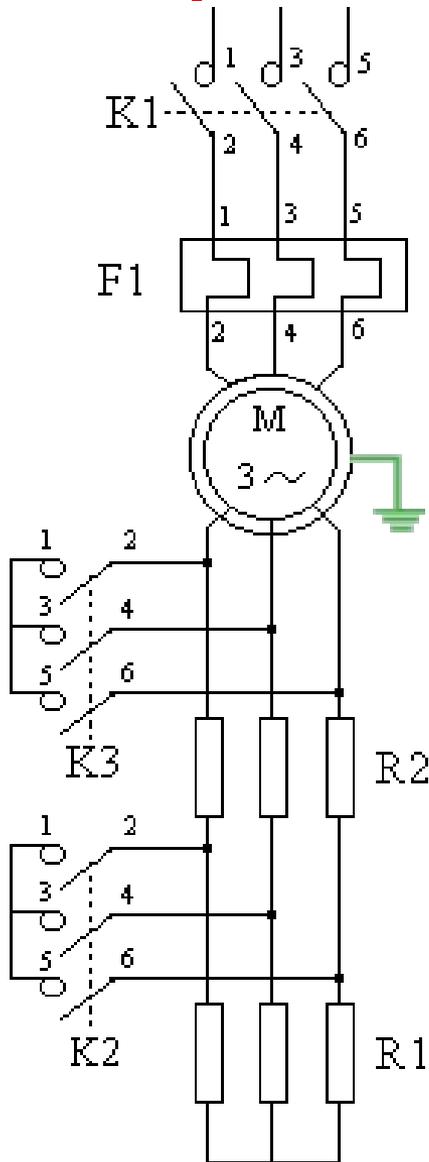
4-Démarrage par Autotransformateur:

Circuit de commande



5-Démarrage Rotorique:

Principe



⇒ C'est un démarrage en 3 temps:

(N Temps = N B R + 1)

1er temps: enclenchement de K1: le stator est couplé sous la pleine tension, le rotor est en série avec les deux blocs de résistances R1 et R2.

2ème temps: enclenchement de K2: élimination du bloc R1. Le rotor est en série uniquement avec R2.

3ème temps: enclenchement de K3: élimination de R2, le rotor est court-circuité et le moteur rejoint ses caractéristiques nominales.

Nécessite un moteur à bague

5-Démarrage Rotorique:

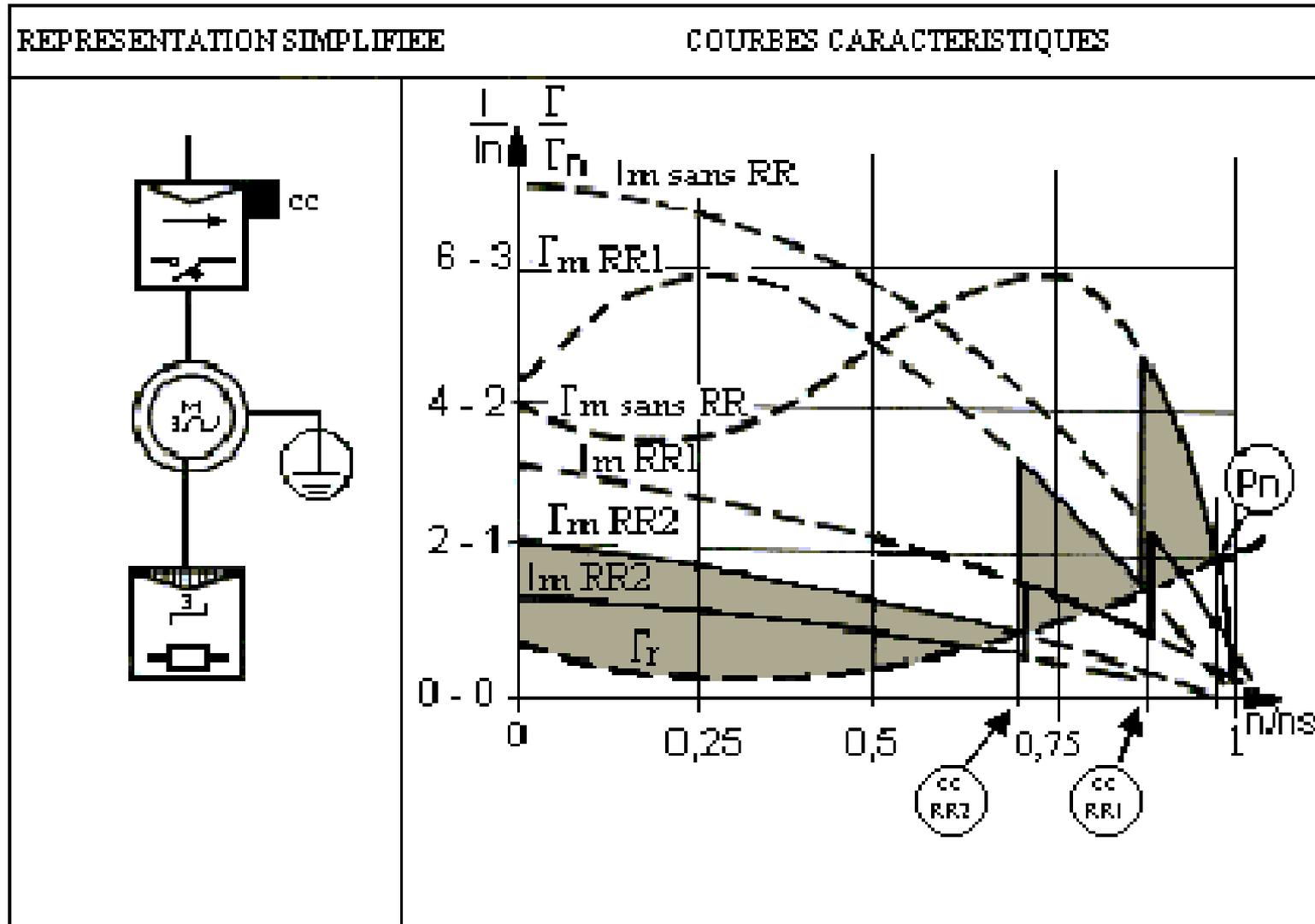
Principe

Le couple fourni est proportionnel au courant absorbé.

$$\Gamma'd / \Gamma n = I'd / I_n.$$

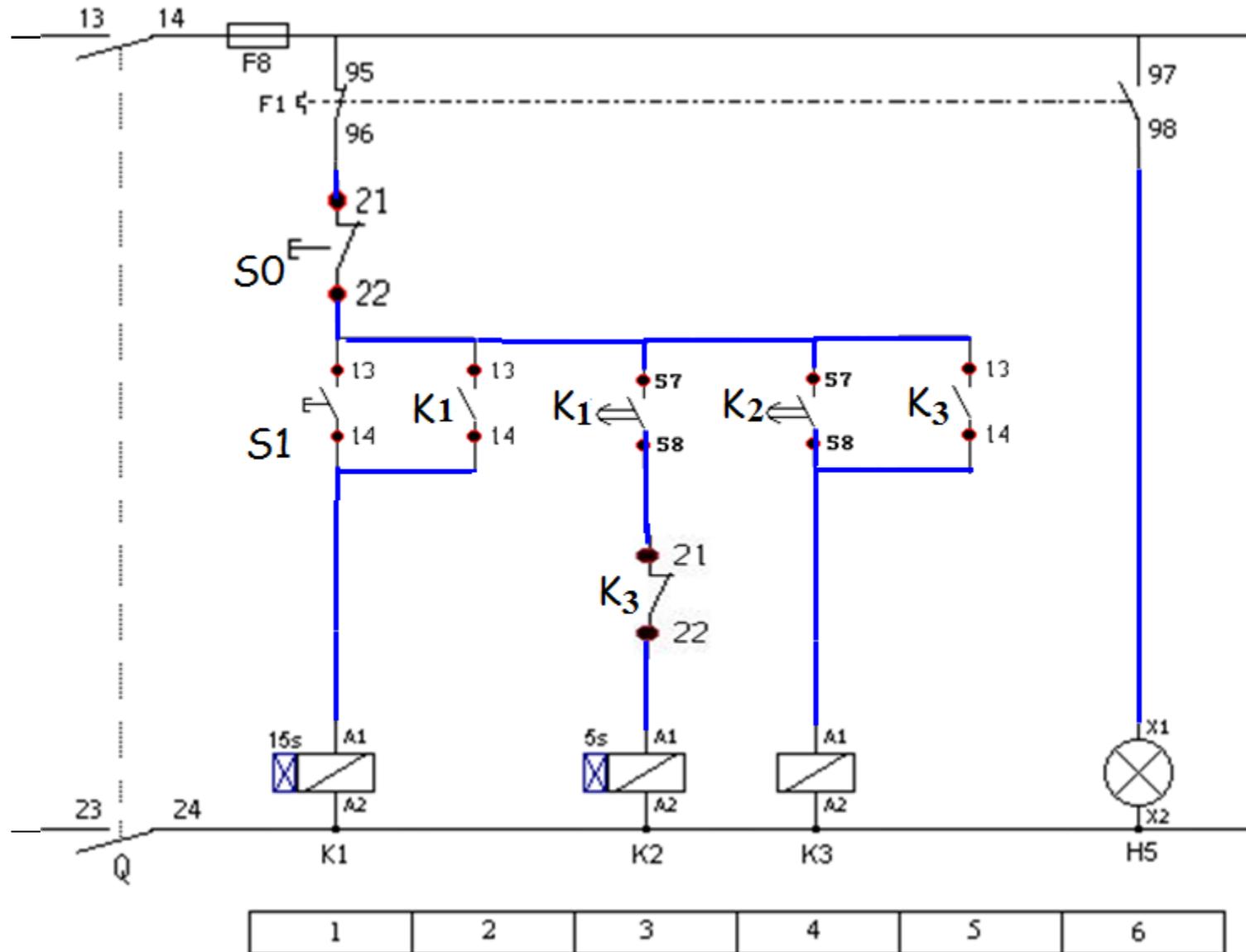
5-Démarrage Rotorique:

Caractéristique



5-Démarrage Rotorique:

Circuit de commande



Vérification des Démarrages

Etant donné :

- les caractéristiques du moteur: I_n , Γ_n , I_d et Γ_d données par le constructeur,
- les caractéristiques du réseau: tension U et courant de pointe (ou courant admissible) I_a ,
- les caractéristiques de la charge à entraîner (couple résistant de la charge) : Γ_r .

Vérification des Démarrages

On dit qu'un tel démarrage est possible si et seulement si les deux conditions suivantes sont simultanément vérifiées :

$$\begin{cases} I'd < I_a \\ \Gamma'd > 1,5 \Gamma_r \end{cases}$$

Vérification des Démarrages

Démarrage direct: est possible si $I_d < I_a$. Autrement dit si le réseau peut fournir la pointe de démarrage sans qu'il y ait des chutes de tension importantes.

Démarrage étoile - triangle: est possible si $I'd < I_a$ et $\Gamma'd > 1,5 \Gamma_r$ \Rightarrow ce qui revient à vérifier :

$$\begin{cases} I_d < 3 I_a \\ \Gamma_d > 4,5 \Gamma_r \end{cases}$$

Généralement ceci n'est possible que pour des Γ_r faibles.

Vérification des Démarrages

Démarrage statorique : est possible si $I'd < I_a$ et $\Gamma'd > 1,5 \Gamma_r$ \Rightarrow ce qui revient à vérifier :

$$\begin{cases} \frac{U'}{U} I_d < I_a \\ \left(\frac{U'}{U}\right)^2 \Gamma_d > 1,5 \Gamma_r \end{cases}$$

On pose $k = U'/U$ et on cherche un réel k tel que :

$$k < I_a / I_d \text{ et}$$

$$k^2 > 1,5 \Gamma_r / \Gamma_d.$$

Ce type de démarrage permet l'adaptation de $\Gamma'd$ et $I'd$ selon les besoins de l'utilisateur.

Vérification des Démarrages

Démarrage par autotransformateur: est possible si
 $I'd < I_a$ et $\Gamma'd > 1,5 \Gamma_r$ \Rightarrow ce qui revient à
vérifier :

$$\begin{cases} 1,15 I_d \left(\frac{U'}{U} \right)^2 < I_a \\ \Gamma d \left(\frac{U'}{U} \right)^2 > 1,5 \Gamma r \end{cases}$$

On pose $k = U'/U$ et on cherche un réel k tel que :

$$**$k^2 < I_a / 1,15 I_d$ et**$$

$$**$k^2 > 1,5 \Gamma_r / \Gamma d.$**$$

Ce type de démarrage permet l'adaptation de $\Gamma'd$ et $I'd$ selon les besoins de l'utilisateur.

Vérification des Démarrages

Démarrage rotorique: est possible si on dispose d'un moteur à bague (à rotor bobiné) et si la condition suivante est vérifiée :

$$\underline{1,5 \Gamma_r / \Gamma_n < I_a / I_n.}$$

Ce type de démarrage permet aussi l'adaptation de $\Gamma'd$ et $I'd$ selon les besoins de l'utilisateur.

Vérification des Démarrages

Synthèse :

Mode de démarrage	Couple au démarrage $\Gamma'd$	Courant au démarrage $I'd$	Nombre d'étape N_e	Nombre de contacteurs	t_d maxi	Adaptation de $\Gamma'd$ et $I'd$
Direct	Γ_d	I_d	1	1	8s	non
Etoile-triangle	$\Gamma_d/3$	$I_d/3$	2	3	8s	non
Résistances statoriques	$k^2 \cdot \Gamma_d$	$k \cdot I_d$	n_e	n_e	15s	oui
Autotransformateur	$k^2 \cdot \Gamma_d$	$1,15 \cdot k^2 \cdot I_d$	$n_e = 3$	3	15s	oui
Résistances rotoriques	$\Gamma'd \leq \Gamma_{max}$	$\frac{\Gamma'd}{\Gamma_n} I_n$	n_e	n_e	25s	oui

Exercice 9:

On veut entraîner une charge présentant un couple résistant $\Gamma_r = 60 \text{ Nm}$. La charge est accouplée à un moteur asynchrone à cage ayant les caractéristiques suivantes : 380/660V ; 11 kW ; $\cos\varphi = 0.83$; $\eta = 89,9\%$; 1450 tr/min, $I_{dd} = 6,7 I_n$; $\Gamma_d = 2 \Gamma_n$.

On veut réaliser un démarrage doux et le réseau admet une pointe maximale admissible $I_a = 160\text{A}$, et une tension composée de 380V.

On dit qu'un tel démarrage est doux si la condition suivante est vérifiée : $\Gamma_r < \Gamma_d < 1,1 \Gamma_r$.

Etudier les différents démarrages (direct ; étoile-triangle ; statorique ; par autotransformateur avec I_μ égale 15% ; et déduire ce qui vous convient pour entraîner cette charge.

CHAUVIN
ARNOUX

C.A 8334
POWER & QUALITY ANALYSER

**MERCI
DE VOTRE
ATTENTION**



QUALI STAR