

Cour armoire électrique

Par Ghazi KHAZRI

- ❖ Ingénieur en Génie Electrique(ENIS)
- ❖ Technicien Supérieur en Electricité Industrielle (ISET NABEURL)

PLAN

- INTRODUCTION
- ROLE
- CONSTITUTION
- REGLES
- CABLAGE
- DETERMINATION DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT
- CHUTE DE TENSION
- APPAREIL DE PROTECTION

PLAN

- CIRCUIT DE PUISSANCE
- CIRCUIT DE COMMANDE
- EXEMPLES
- MAINTENANCE DES ARMOIRES ELECTRIQUES

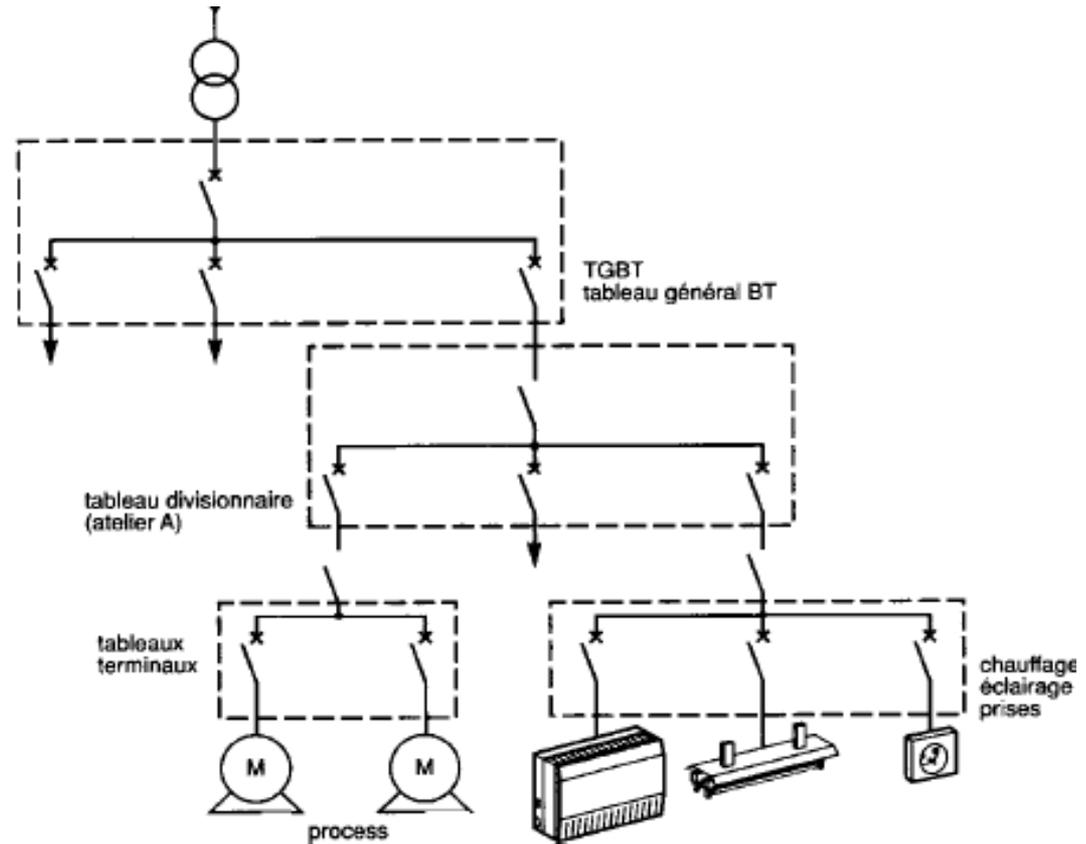
ARMOIRE ELECTRIQUE

Introduction

Aujourd'hui, que ce soit dans l'industrie lourde ou dans le tertiaire, les usagers d'électricité ont de plus en plus le souci de se garantir une continuité de service, compte tenu des pertes souvent énormes engendrées par un arrêt de fonctionnement de leur installation. Dans toute installation électrique, l'énergie provenant du distributeur d'électricité, après la transformation MT/BT, est acheminée vers les utilisateurs finaux en passant par un ou plusieurs tableaux électriques comme le montre la figure suivante :

ARMOIRE ELECTRIQUE

Introduction



ARMOIRE ELECTRIQUE

1-Introduction

Le tableau électrique regroupe une grande partie d'appareillage et des éléments servant à la répartition et à la mesure de l'énergie électrique ainsi que la protection des équipements et de leurs utilisateurs. Ce regroupement d'appareillages et éléments, tous d'une importance capitale pour le bon fonctionnement de l'application en aval

ARMOIRE ELECTRIQUE

2-Rôle

- L'armoire distribue, contrôle et protège les différents circuits électriques d'une installation industrielle. Il garantit surtout la sécurité des personnes et celle de toute l'installation électrique. Pour une installation de tableau électrique sûre et durable, il est recommandé d'établir un schéma d'installation avant de commencer. Prenez le soin de choisir des équipements de protection adaptés à votre armoire (coupe circuits, disjoncteurs divisionnaires, dispositifs différentiels...). Il faut impérativement que l'équipement de votre l'armoire soit aux normes

ARMOIRE ELECTRIQUE

3-CONSTITUANTS

Le tableau général basse tension sert à la distribution de l'énergie électrique depuis le point d'arrivée de cette énergie jusqu'aux équipements utilisateurs. Il est composé d'une enveloppe et d'un ensemble d'éléments dont le rôle est d'assurer la répartition d'énergie, la protection et le contrôle de l'installation électrique en aval

ARMOIRE ELECTRIQUE

3-Constituants

3-1-Enveloppe

L'enveloppe d'un tableau électrique assure la protection des personnes contre les chocs électriques. Elle protège aussi le matériel contre les influences externes (poussières conductrices, environnement chimique agressif etc.)

ARMOIRE ELECTRIQUE

3-Constituants

3-1-Enveloppe



ARMOIRE ELECTRIQUE

3-Constituants

3-2-Distribution

La distribution est constituée de jeux de barres de distribution horizontales et verticales et de connecteurs spécifiques permettant la répartition de l'énergie électrique vers les différents appareillages. Leurs supports doivent tenir les efforts électrodynamiques et les contraintes thermiques.



ARMOIRE ELECTRIQUE

3-Constituants

3-3-Appareillage

L'ensemble de l'appareillage est constitué de dispositifs pour la protection, la commande, le sectionnement et la signalisation. Cet appareillage peut, selon les cas, être regroupé en unités fonctionnelles lorsqu'il réalise une fonction spécifique, par exemple la protection d'un départ, la commande d'un moteur

ARMOIRE ELECTRIQUE

3-Constituants

3-4-Les câbles de raccordement

Les raccordements se font directement depuis les bornes de l'appareillage de protection ou par l'intermédiaire de dispositifs de raccordements séparés. Les câbles de raccordements clients (ou départs clients) assurent l'alimentation en énergie de la charge terminale (moteur par exemple)

ARMOIRE ELECTRIQUE

4-Règles à respecter

Il y a 3 grandes règles à respecter au niveau de la réalisation d'une armoire :

- Respecter la couleur des fils et leurs section afin de recompter la nature de la tension qui circule (alternatif, continu, 24V, 230V, 400V, ...)
- Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique.
- Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à gauche séparée de la partie puissance à droite)

ARMOIRE ELECTRIQUE

4-Règles à respecter

Le respect de ces 3 règles permet de faciliter la maintenance de l'armoire en cas de problèmes et permet une meilleure compréhension de l'installation.

Tout commence par l'analyse complète du schéma électrique afin de déterminer le nombre exact d'appareils électrique à installer dans l'armoire et leurs encombrement afin de procéder à une bonne disposition de ces derniers.

ARMOIRE ELECTRIQUE

5- Câblage

Pour câbler une armoire électrique on doit suivre les étapes suivantes:

❖ **préparation à la connexion**

Avant de raccorder un conducteur il faut le dénuder de quelques millimètres à environ 10 millimètres (la longueur varie en fonction du raccordement).

on règle la vis d'ouverture, on coupe l'isolant (attention à ne pas couper le conducteur) et on l'extrait.

ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ préparation à la connexion



Une fois le conducteur dénudé ,il faut le repérer à l'aide de repère(autocollant(autocollants, enfilés,) en fonction du schéma.

ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ préparation à la connexion

Ensuite, pour raccorder et serrer un conducteur sur une borne.

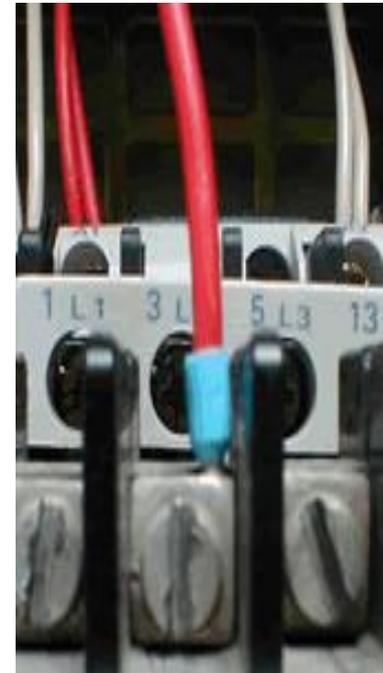
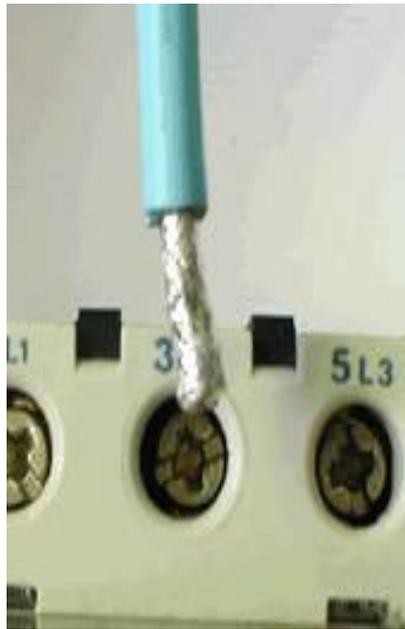
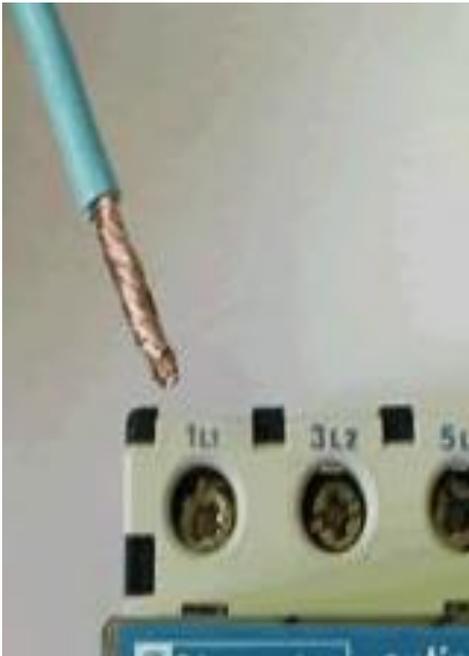
Dans 95% des cas, les connexions sont vissées

Le vissage sur une borne peut s'effectuer soit directement soit après avoir :

- torsadé les brins (conducteur souple) à éviter
- étamé l'embout du conducteur
- serti l'embout du conducteur

ARMOIRE ELECTRIQUE

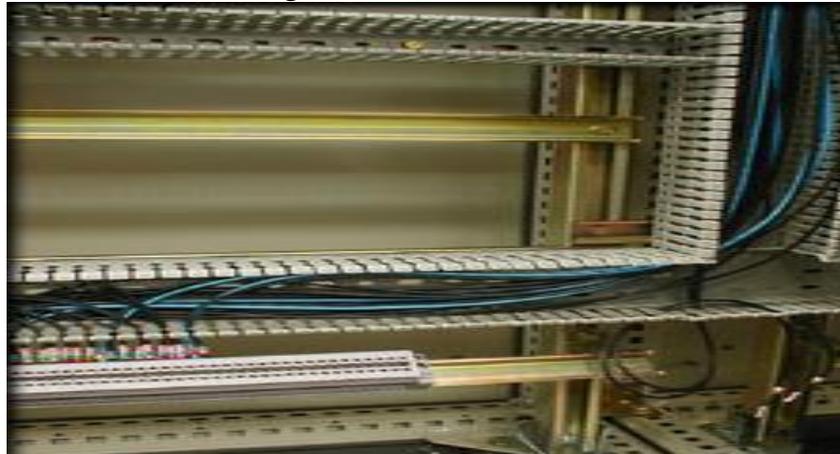
❖ préparation à la connexion



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Choisir et implanter une goulotte de câblage

Les professionnels du câblage utilisent lors de la réalisation d'une armoire électrique des goulottes dans lesquelles ils organisent le passage de la filerie. Elles sont utilisées également sur les portes d'armoire pour permettre la distribution électrique vers les équipements implantés en façade



ARMOIRE ELECTRIQUE

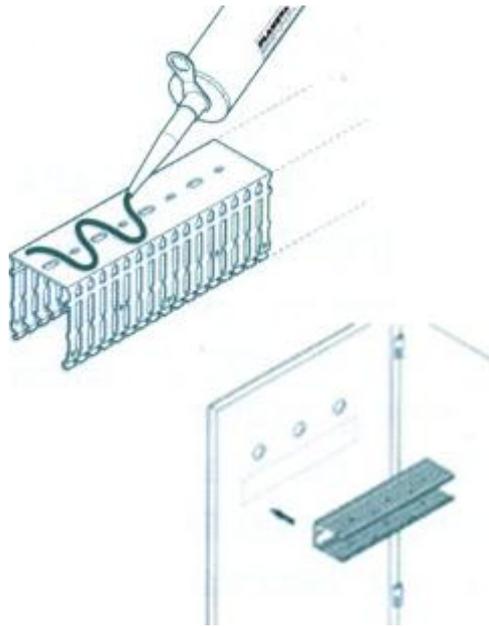
❖ Choisir et implanter une goulotte de câblage

L'implantation peut être réalisée suivant trois types de configuration :

- les goulottes peuvent être vissées sur rails métalliques
- elles peuvent être rivetées (rivets en plastique) directement sur plaque galvanisée
- Elles peuvent être fixées avec des bandes adhésives ou collées directement sur l'intérieur des portes d'armoire.

ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Choisir et implanter une goulotte de câblage



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Choisir et implanter une goulotte de câblage

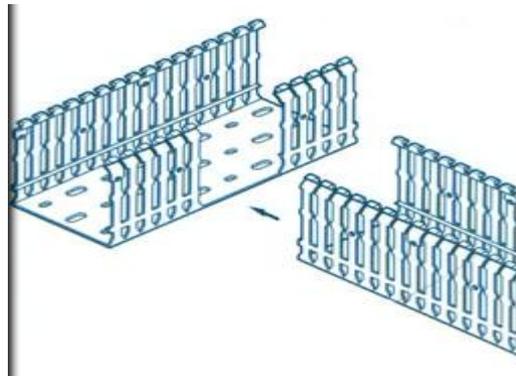
Les couvercles se posent facilement par encliquetage



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Choisir et implanter une goulotte de câblage

Utiliser une cisaille pour découper une goulotte ou avec une pince sectionner les renforts latéraux puis un simple effort transversal est nécessaire pour séparer les parties



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Choisir et implanter une goulotte de câblage

Ainsi le passage se fait sans obstacles et la capacité de câblage est optimisée

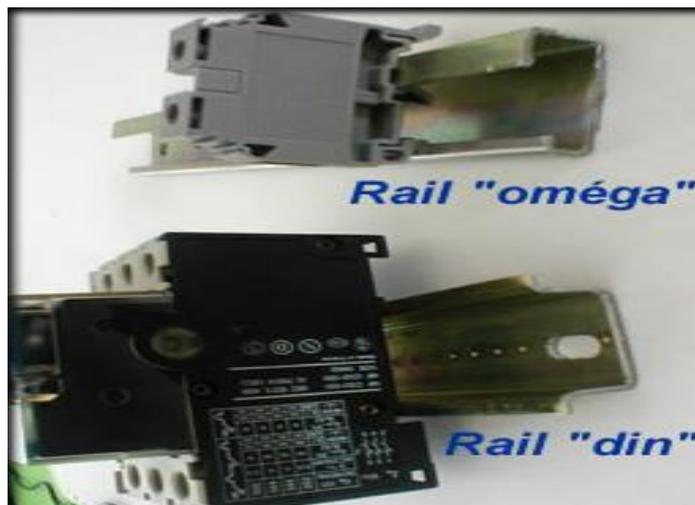


ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Implanter des matériels dans une armoire

L'implantation des équipements est déterminant car elle conditionne la réussite et la qualité du câblage.

Les matériels sont généralement encliquetés directement sur des profilés standards « rails oméga » ou « rails din ».



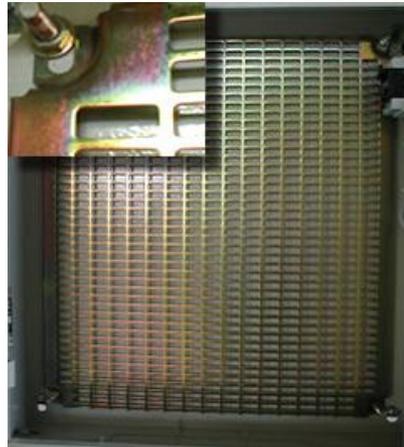
ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Planter des matériels dans une armoire

Trois manières de les fixer

a) sur grille perforée

- Il faut s'assurer du montage correct de la platine perforée dans l'enveloppe . Elle peut ensuite être enlevée pour l'implantation des matériels et le câblage



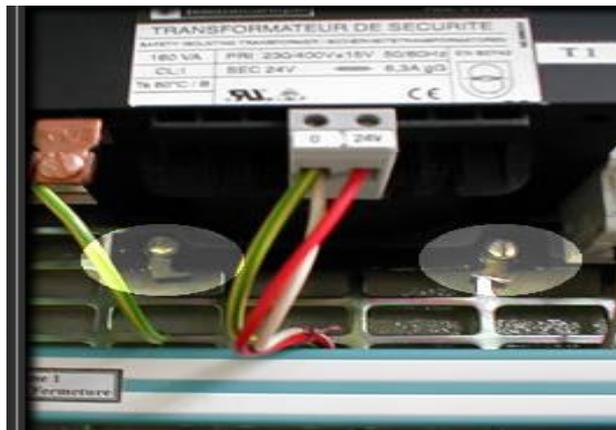
ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Implanter des matériels dans une armoire

L'appareillage peut être monté :

- soit directement sur la platine au moyen d'écrous clips
- soit encliquetés sur des rails, préalablement fixés sur la grille

Puis on installe les goulottes directement sur la grille



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Implanter des matériels dans une armoire

b) sur une platine galvanisée

Les appareils dits sensibles ou perturbateurs électromagnétiques comme les convertisseurs de fréquence, les modulateurs d'énergie, les hacheurs, etc... doivent être fixés sur des platines.



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Insérer l'appareillage en façade d'armoire

Dans la mesure du possible, il est préférable de poser la porte à plat.

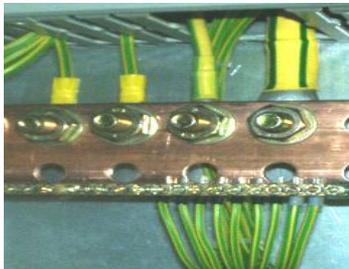
Les découpes rondes sont réalisées au forêt pour des diamètres inférieurs à 14 mm,

ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Réaliser une liaison équipotentielle dans une armoire industrielle

Une liaison soit par tresse, soit par fil vert-jaune, relie à une barre de terre principale toutes les parties métalliques (tôlerie, châssis, etc....) qui peuvent être mises accidentellement sous tension.

Un conducteur principal arrive avec l'alimentation générale et relie la barre à la terre.

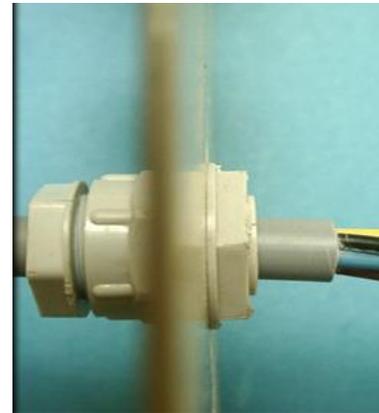


ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Mettre en place un presse-étoupe

L'entrée d'un câble dans une enveloppe électrique (capteurs, coffret, armoire) doit permettre :

- d'assurer la maintien mécanique du câble et de sa protection
- de conserver à l'enveloppe l'indice de protection qu'elle avait à la construction



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Mettre en place un presse-étoupe

Après avoir choisi le presse-étoupe en fonction du diamètre du câble .On perce l'enveloppe si nécessaire. On fixe le corps du presse-étoupe soit par vissage, soit par un écrou.une fois le câble dénudé, il faut alors enfiler successivement 3 des éléments du presse-étoupe (l'écrou de compression, la rondelle, le grain) sur le câble

Serrer le tout



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Poser un bornier de raccordement

Bornier : composant industriel dont la fonction principale est d'assurer la connexion électrique et la tenue mécanique des conducteurs et câbles



ARMOIRE ELECTRIQUE

❖ Réaliser un toron

Utilisé lorsque l'on câble des appareils montés en façade d'armoire . Il est constitué d'un ensemble de conducteurs suivant le même cheminement et liés entre eux par des colliers .Il faut définir le passage du toron à l'avance .On raccorde les appareils situés en tête du toron, l'autre extrémité des conducteurs est laissée en attente avec un repérage et une longueur suffisante



ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

Il est indispensable de connaître les intensités des courants de court-circuit pour concevoir le réseau:

- Détermination des pouvoirs de coupure des appareils de protection.
- Tenue des barres et des câbles.
- Sélectivité des protections.

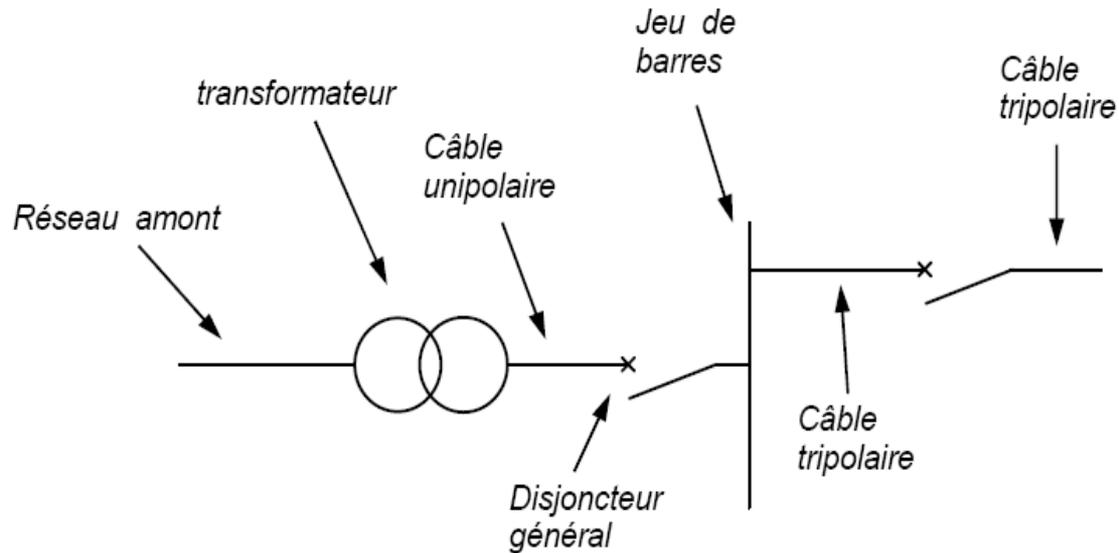
a) **Méthode de calcul du courant de court-circuit I_{cc} :**

Déterminer l'impédance totale de l'ensemble des constituants en amont du c.c .

ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

$$Z \text{ totale} = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}$$



ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

	R (mΩ)	X (mΩ)	RT (mΩ)	XT (mΩ)	I _{cc}
Réseau amont : P _{cc} = 500MVA	0.050	0.032			
Transformateur 1000 kVA 20 kV / 410 V	2.24	8.10	.....	.....
Câble unipolaire 5m cuivre 4 x 240 mm ² / phase	$R = \frac{22.5}{4} \times \frac{5}{240}$ = 0.12	X = 0.08 x 5 = 0.40	.....	.....	I _{cc1} =
Disjoncteur général	R = 0	X = 0.15	.....	.....
Jeu de barres 10 m	R = 0	X = 1.5	.....	.....	I _{cc2} =
Câble tripolaire 100 m 95 mm ² cuivre	$R = 22.5 \times \frac{100}{95}$ = 23.68	X = 0.08 x 100 = 8	.....	.....	I _{cc3} =
Câble tripolaire 20m 10 mm ² cuivre	$R = 22.5 \times \frac{20}{10}$ = 45	X = 0.08 x 20 = 1.6	.....	.....	I _{cc4} =

ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

Détermination des courants de court-circuit d'une installation HT / BT :

Déterminer la somme des résistances et la somme des réactances ; calculer le courant de court-circuit avec la relation

$$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_T^2 + X_T^2)}} \quad \text{avec } U_{20} = 410 \text{ V}$$

ARMOIRE ELECTRIQUE

	R (mΩ)	X (mΩ)	RT (mΩ)	XT (mΩ)	I _{cc}
Réseau amont : P _{cc} = 500MVA	0.050	0.032			
Transformateur 1000 kVA 20 kV / 410 V	2.24	8.10	2.29	8.132	
Câble unipolaire 5m cuivre 4 x 240 mm ² / phase	$R = \frac{22.5}{4} \times \frac{5}{240}$ = 0.12	$X = 0.08 \times 5$ = 0.40	2.41	8.532	I_{cc1} = 26.7 kA
Disjoncteur général	R = 0	X = 0.15	2.41	8.682	
Jeu de barres 10 m	R = 0	X = 1.5	2.41	10.182	I_{cc2} = 22.62 kA
Câble tripolaire 100 m 95 mm ² cuivre	$R = 22.5 \times \frac{100}{95}$ = 23.68	$X = 0.08 \times 100$ = 8	26.09	18.182	I_{cc3} = 7.44 kA
Câble tripolaire 20m 10 mm ² cuivre	$R = 22.5 \times \frac{20}{10}$ = 45	$X = 0.08 \times 20$ = 1.6	71.09	19.782	I_{cc4} = 3.20 kA

ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

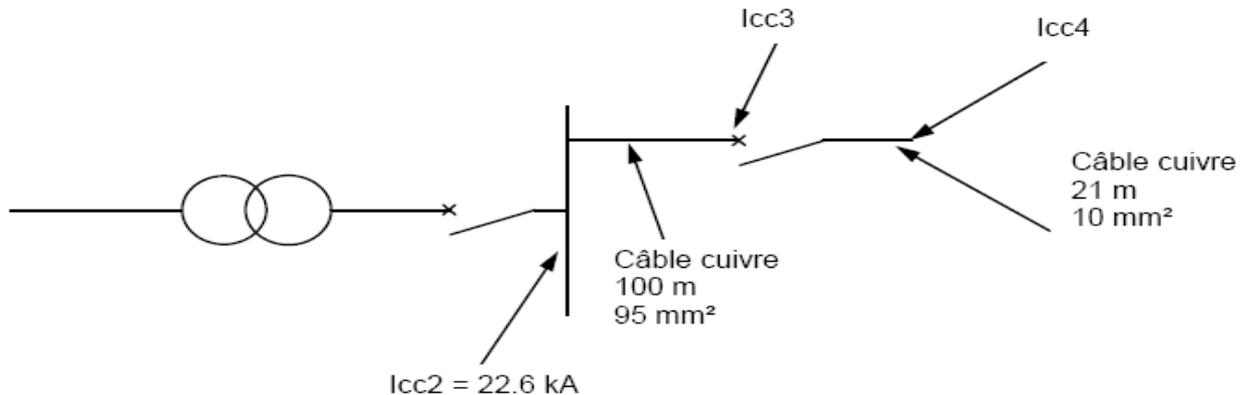
b) Utilisation de tableau

Exemple (voir tableau) :

En amont d'un câble cuivre, de 11 m et de 50 mm², le courant de court-circuit I_{cc0} vaut 28 kA.

En aval de ce câble, on détermine d'après le tableau un I_{cc} de

Exercice d'application: Déterminer les courants de c.c I_{cc3} et I_{cc4} par tableau .



ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

Détermination de I_{cc3} :

D'après le tableau, **$I_{cc3} = 7 \text{ kA}$** .

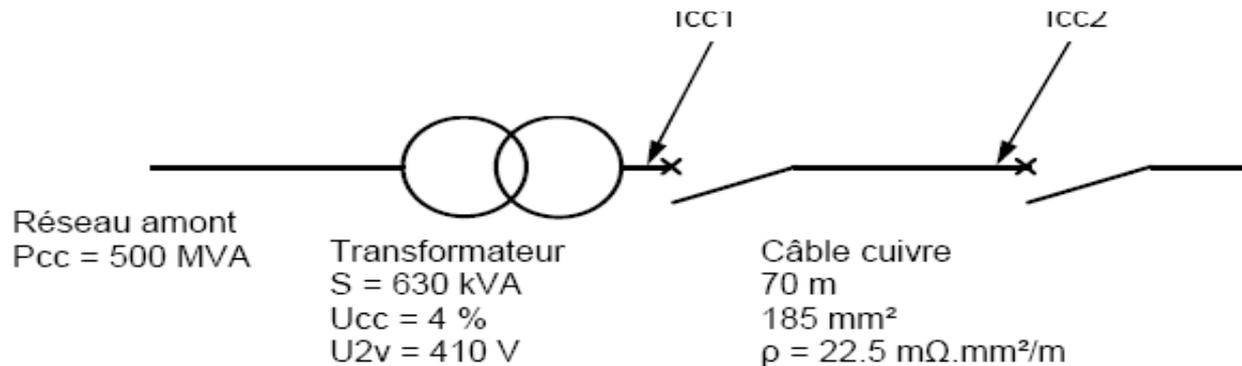
Détermination de I_{cc4} :

D'après le tableau, **$I_{cc4} = 2.9 \text{ kA}$** .

ARMOIRE ELECTRIQUE

- DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT
EXERCICE D'APPLICATION

Calculer les courants de court-circuit par 2 méthodes



ARMOIRE ELECTRIQUE

	R (mΩ)	X (mΩ)	RT (mΩ)	XT (mΩ)	Icc(kA)
Réseau amont : Pcc = 500 MVA	0	$X = \frac{U_2^2}{P_{cc}}$ = .....	.....	.....
Transformateur 630 kVA 20 kV / 410 V	2.95	$X = \frac{U_2^2 \cdot U_{cc}}{S}$ = .....	.....	.....	Icc1 =
câble cuivre 70 m 185 mm ²	$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$ =	0	.....	.....	Icc2 =

ARMOIRE ELECTRIQUE

	R (mΩ)	X (mΩ)	RT (m Ω)	XT (mΩ)	I _{cc} (kA)
Réseau amont : P _{cc} = 500MVA	0	$X = \frac{U^2 v^2}{P_{cc}}$ = 0.33	0	0.33	
Transformateur 630 kVA 20 kV / 410 V	2.95	$X = \frac{U^2 v^2 \cdot U_{cc}}{S}$ = 10.6	2.95	10.93	I _{cc1} = 20.9
câble cuivre 70 m 185 mm ²	$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$ = 8.5	0	11.45	10.93	I _{cc2} = 14.9

ARMOIRE ELECTRIQUE

DETERMINATION DES COURANTS DE COURT – CIRCUIT

-Méthode par tableau:

on trouve 13 kA (descendre dans la colonne à 65 m)

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la section des conducteurs

L'ensemble d'un circuit électrique (conducteurs et protections associées) est déterminé de manière à satisfaire à toutes les contraintes de fonctionnement.

L'étude de l'installation consiste à déterminer précisément les canalisations et leurs protections électriques en commençant à l'origine de l'installation (source) pour aboutir aux circuits terminaux (récepteurs).

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la section des conducteurs

Chaque ensemble constitué par la canalisation et sa protection doit répondre simultanément à plusieurs conditions qui assurent la sûreté de l'installation :

- Véhiculer le courant d'emploi permanent et ses pointes transitoires normales.
- Ne pas engendrer de chutes de tension susceptibles de nuire au fonctionnement de certains récepteurs (période de démarrage d'un moteur par exemple).

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la section des conducteurs

En outre, la protection (disjoncteur ou fusible) doit :

- Protéger la canalisation pour toutes les surintensités ;
- Assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

a) Définitions

◆ Courant d'emploi IB :

- au niveau des circuits terminaux, c'est le courant qui correspond à la puissance apparente des récepteurs.
- au niveau des circuits de distribution, c'est le courant correspondant à la puissance d'utilisation laquelle tient compte des coefficients de simultanéité et d'utilisation

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la section des conducteurs

b) Courant admissible I_Z : c'est le courant maximal que la canalisation peut véhiculer en permanence sans préjudice pour sa durée de vie. Ce courant pour une section donnée dépend de plusieurs paramètres :

- Constitution du câble (cuivre, aluminium, isolation, nombre de conducteurs actifs)
- Température ambiante
- Mode de pose

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination de la section des conducteurs**

Surintensité : il y a surintensité chaque fois que le courant traversant un circuit est supérieur à son intensité admissible.

On distingue 2 types de surintensité :

- Les surcharges : surintensités se produisant dans un circuit électriquement sain (courant de Démarrage d'un moteur asynchrone, surabondance momentanée des récepteurs en fonctionnement).
- Les courants de court-circuit : ils sont consécutifs à un défaut dans un circuit entre plusieurs conducteurs

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

La section d'un conducteur de phase dépend du mode de pose et d'un coefficient d'influence noté K. Le coefficient K caractérise l'influence des différentes conditions de l'installation.

$$K = K1 \times K2 \times K3$$

Les valeurs des coefficients K1, K2, K3 sont données dans les tableaux suivants.

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

Détermination de la lettre de sélection :

La lettre de sélection de B à F dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose. Les modes de pose sont très nombreux. La norme NFC 15 – 100 les a groupés en méthodes de référence et ils sont désignés par une lettre de sélection.

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafond ■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées 	C
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	E
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	F

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

- **Facteur de correction K1 :**

Le facteur K1 mesure l'influence du mode de pose.

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	■ câbles multiconducteurs	0,90
	■ vides de construction et caniveaux	0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

➤ **Facteur de correction K2 :**

Le facteur K2 mesure l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte. Une pose est jointive lorsque la distance entre 2 conducteurs est inférieure au double du diamètre d'un conducteur.

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus le facteur de correction suivant (facteur multiplicatif de K2) : 2 couches (0,8), 3 couches (0,73), 4 ou 5 couches (0,7).

ARMOIRE ELECTRIQUE

- Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2									
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
B, C	encastés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,95	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70
	simple couche au plafond	0,95	0,91	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales sur des tablettes	1,00	0,98	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

➤ Facteur de correction K3 :

Le facteur K3 mesure l'influence de la température ambiante et dépend de la nature de l'isolant.

ARMOIRE ELECTRIQUE

- Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

températures ambiantes (°C)	isolation		
	elastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPF)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

Exemple :

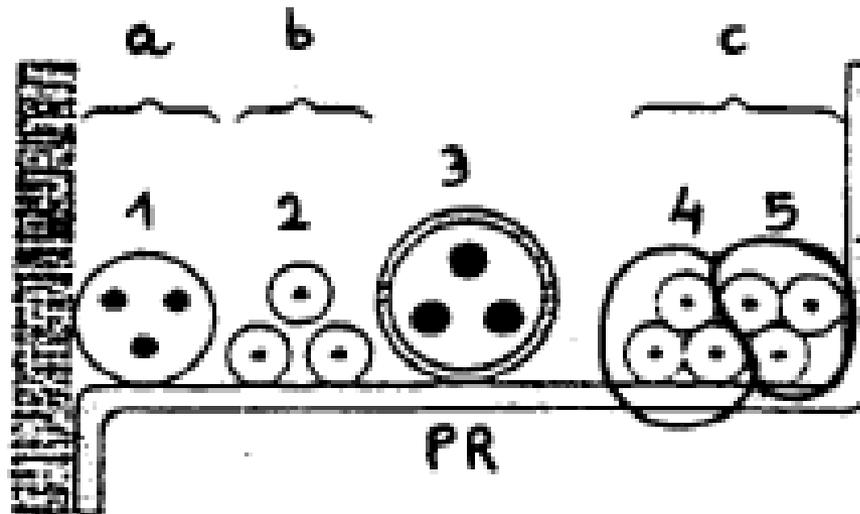
Un câble PR triphasé est installé sur un chemin de câbles perforé, jointivement avec 3 autres circuits constitués :

- d'un câble triphasé (1er circuit) - a
- de 3 câbles unipolaires (2ème circuit) - b
- de 6 câbles unipolaires (3ème circuit). Ce circuit est constitué de 2 conducteurs par phase - c

Il y a donc 5 groupements triphasés (1 à 5 sur la figure), la température ambiante est considérée égale à 40°C

ARMOIRE ELECTRIQUE

- Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation



ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

Les tableaux précédents indiquent : lettre de sélection E, $K1 = 1$, $K2 = 0,75$, $K3 = 0,91$, donc $K = 0,68$.

Connaissant le courant admissible I_Z (sinon choisir I_B , courant d'emploi), on calcule l'intensité fictive

$$I'Z = \frac{I_Z}{K}$$

ARMOIRE ELECTRIQUE

- **Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation**

Le tableau suivant permet de déterminer la section minimale en fonction de la lettre de sélection, du type de conducteur (nombre de phases et nature de l'isolant) et de l'intensité fictive : I'Z.

ARMOIRE ELECTRIQUE

		isolant et nombre de conducteurs charges (3 ou 2)									
		caoutchouc ou PVC					butyle ou PR ou ethylene PR				
lettre de selection	B	PVC3	PVC2			PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2			
	E			PVC3	PVC2	PR3	PR3	PR2	PR2		
	F				PVC3	PVC2	PVC2	PR3	PR2	PR2	
section cuivre (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		
	4	28	32	34	36	40	42	45	49		
	6	36	41	43	48	51	54	58	63		
	10	50	57	60	63	70	75	80	86		
	16	68	76	80	85	94	100	107	115		
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	
	70	171	184	196	213	229	246	268	299	310	
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	
	150		299	319	344	371	395	441	473	504	
	185		341	364	392	424	450	506	542	575	
	240		403	430	461	500	538	599	641	679	
	300		464	497	530	576	621	683	741	783	
	400					656	754	825		940	
	500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254		
section aluminium (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28		
	4	22	25	26	28	31	33	35	38		
	6	28	32	33	36	39	43	45	49		
	10	39	44	46	49	54	59	62	67		
	16	53	59	61	66	73	79	84	91		
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121	
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150	
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184	
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237	
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289	
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337	
	150		227	245	261	283	316	324	346	389	
	185		259	280	298	323	363	371	397	447	
	240		305	330	352	382	430	439	470	530	
	300		351	381	406	440	497	508	543	613	
	400					526	600	663		740	
	500					610	694	770		856	
	630					711	808	899		996	

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination pratique de la section minimale d'une canalisation

Dans l'exemple précédent, $K = 0,68$.

En considérant un courant admissible I_Z dans le câble PR triphasé de 25 A, $I'Z = 25/0,68 = 36,8$ A.

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection E, dans la colonne PR3, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 36,8 A, c'est-à-dire ici, 42 A.

Dans ce cas, la section d'un conducteur de phase du câble PR sera de 4mm² pour le cuivre ou de 6mm² pour l'aluminium.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

La norme NFC15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs suivantes

	Eclairage	Autres usages (forces motrices)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3 %	5 %
Alimentation par poste privé HT / BT	6 %	8 %

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

Cette chute de tension s'entend en service normal (en dehors des appels de courant au démarrage des moteurs) et lorsque les appareils susceptibles de fonctionner simultanément sont alimentés.

Lorsque la chute de tension est supérieure à ces valeurs, il sera nécessaire d'augmenter la section de certains circuits jusqu'à ce que l'on arrive à des valeurs inférieures à ces limites.

Il est recommandé de ne pas atteindre la chute de tension maximale autorisée pour les raisons suivantes :

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

- Le bon fonctionnement des moteurs est garanti pour leur tension nominale (plus ou moins 5 % en régime permanent).
- La chute de tension peut être importante lors du démarrage d'un moteur (si l'intensité de démarrage est importante).
- La chute de tension est synonyme de pertes en ligne, ce qui va à l'encontre des économies d'énergie. Calcul de la chute de tension en ligne en régime permanent

Le tableau ci-dessous donne la chute de tension par **km** de câbles pour un courant de **1A** en fonction :

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

- Du type d'utilisation : force motrice avec $\text{Cos}(\varphi)$ voisin de 0,8 ou éclairage avec $\text{Cos}(\varphi) \square$ voisin de 1.
- Du type de câble monophasé ou triphasé.

La chute de tension dans un circuit s'écrit alors

$$\Delta U \text{ (Volt)} = B \times IB \times L$$

B est donné par le tableau ; IB : courant d'emploi en A ; L : longueur du câble en km.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Section mm ²		Circuit monophasé			Circuit triphasé équilibré		
		Force motrice		Eclairage	Force motrice		Eclairage
Cuivre	Aluminium	Service normal Cosφ = 0,8	Démarrage Cosφ = 0,35	Cosφ = 1	Service normal Cosφ = 0,8	Démarrage Cosφ = 0,35	Cosφ = 1
1.5		24	10.6	30	20	9.4	25
2.5		14.4	6.4	18	12	5.7	15
4		9.1	4.1	11.2	8	3.6	9.5
6	10	6.1	2.9	7.5	5.3	2.5	6.2
10	16	3.7	1.7	4.5	3.2	1.5	3.6
16	25	2.36	1.15	2.8	2.05	1	2.4
25	35	1.5	0.75	1.8	1.3	0.65	1.5
35	50	1.15	0.6	1.29	1	0.52	1.1
50	70	0.86	0.47	0.95	0.75	0.41	0.77
70	120	0.64	0.37	0.64	0.56	0.32	0.55
95	150	0.48	0.3	0.47	0.42	0.26	0.4
120	185	0.39	0.26	0.37	0.34	0.23	0.31
150	240	0.33	0.24	0.3	0.29	0.21	0.27
185	300	0.29	0.22	0.24	0.25	0.19	0.2
240	400	0.24	0.2	0.19	0.21	0.17	0.16

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

Tableau récapitulatif

Impédance du réseau amont

Sec	U(V)	Ra (mΩ)	Xa (mΩ)
250 MVA	237	0.033	0.222
	410	0.1	0.7
500 MVA	237	0.017	0.111
	410	0.05	0.35

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

Tension de court-circuit d'un transformateur triphasé :

Puissance du transformateur en kVA	Tension de court-circuit U_{cc}	
	Tension au secondaire entre phases	
	237 V	410 V
50 à 630	4 %	4 %
800	5 %	4,5 %
1000	5,5 %	5 %
1250	6 %	5,5 %
1600	6,5 %	6 %
2000	7 %	6,5 %
2500	7,5 %	7 %
3150	7,5 %	7 %

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

Courant nominal I_n et courant de court-circuit I_{cc} d'un transformateur triphasé

$$\text{Rappel : } S = U \times I_n \times \sqrt{3} \qquad I_{cc} = \frac{I_n}{U_{cc}/100}$$

Le tableau ci-dessous donne I_{cc} au secondaire d'un transformateur en tenant compte de l'impédance d'un réseau amont de 500 MVA de puissance de court-circuit.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Détermination de la chute de tension

S(kVA)	15	25	40	50	63	80	100	160	250	315	400	500	530	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
U=237V																				
In(A)	39	61	97	122	153	195	244	380	609	767	974	1218	1535	1949	2436	3045	3899	4972	6090	7673
Icc(A)	973	1521	2431	3038	3825	4853	6060	9687	15038	18887	23883	29708	37197	41821	42738	48721	57151	65840	76127	94330
U=410V																				
In(A)	23	35	56	70	89	103	141	225	352	444	563	704	887	1127	1408	1760	2253	2816	3520	4435
Icc(A)	563	879	1405	1756	2210	2907	3503	5588	8692	10917	13806	17173	21501	24175	27080	30812	35850	40817	46949	58130

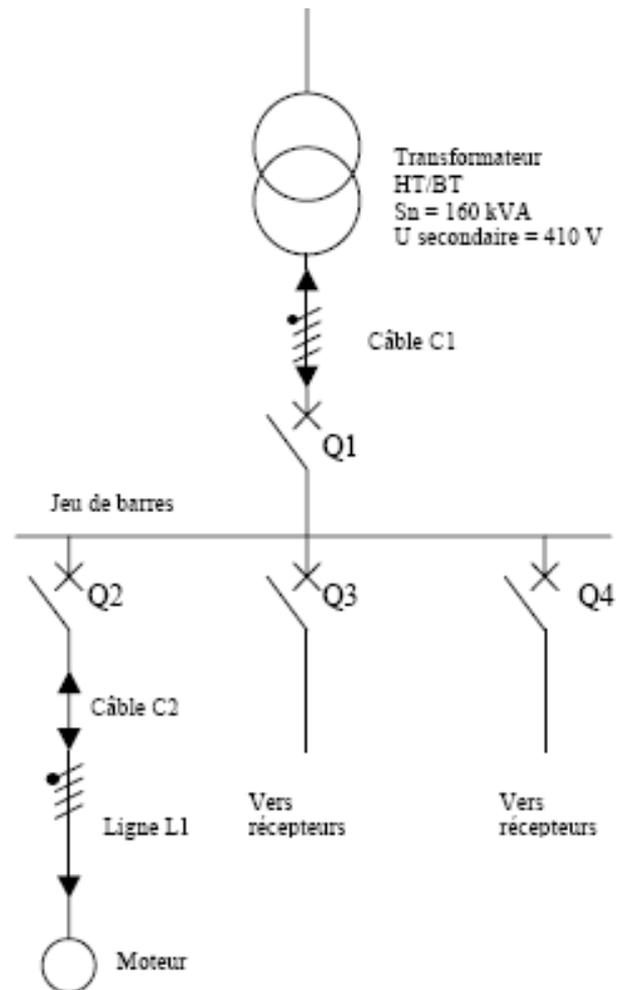
ARMOIRE ELECTRIQUE

Impédance d'un transformateur ramenée au secondaire

Tension	U entre phases au secondaire = 237 V				U entre phases au secondaire = 410 V			
	Puissance (kVA)	Ucc %	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)	Ucc %	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)
100	4	11,79	19,13	22,47	4	35,3	57,23	67,24
160	4	5,15	13,06	14,04	4	15,63	39,02	42,03
250	4	2,92	8,5	8,99	4	8,93	25,37	26,90
315	4	2,21	6,78	7,13	4	6,81	20,22	21,34
400	4	1,61	5,38	5,62	4	5,03	16,04	16,81
500	4	1,235	4,32	4,49	4	3,9	12,87	13,45
630	4	0,92	3,45	3,57	4	2,95	10,25	10,67
800	4,5	0,895	3,03	3,16	4,5	2,88	9	9,45
1000	5,5	0,68	3,01	3,09	5	2,24	8,10	8,405
1250					5,5	1,813	7,16	7,39
1600					6	1,389	6,14	6,3
2000					6,5	1,124	5,34	5,46

ARMOIRE ELECTRIQUE

Exercice d'application



ARMOIRE ELECTRIQUE

Le transformateur HT/BT est un transformateur client (poste privé) et la tension entre 2 phases au secondaire est de 410 V.

Le choix de la nature des câbles (en cuivre) s'est porté sur le polyéthylène réticulé. La température ambiante est de 40 ° C .Le câble C1 est formé de 3 câbles monoconducteurs (considérés ici comme 3 circuits distincts) posés sur un chemin de câble perforé.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Application

Longueur du câble C1 = 80 m, longueur du câble C2 = 55 m, longueur de la ligne L1 = 25 m.

Le travail demandé doit permettre de :

- Déterminer les caractéristiques de C1, C2, L1 et du disjoncteur Q1.
- Calculer les chutes de tensions en ligne en différents points de l'installation et de vérifier la compatibilité de celles-ci avec la norme en vigueur.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Question 1 :

La puissance du transformateur triphasé étant de 160 kVA, calculer la valeur du courant nominal fourni au secondaire (prendre cette valeur pour le choix des éléments suivants).

Question 2 :

Calculer le courant équivalent $I'Z$ afin de choisir la canalisation C1 en aval du transformateur.

Question 3 :

Choisir en justifiant la démarche la section de la canalisation C1.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Question 4 :

Préciser la valeur de la résistance et la valeur de la réactance de la canalisation C1.

Question 5 :

Calculer la valeur de la chute de tension en régime permanent provoquée par C1 (calcul à exprimer en V et en %).

Question 6 :

On considère que l'intensité nominale du moteur est de 137,5 A. La canalisation C2 et la ligne L1 sont choisies avec les mêmes caractéristiques que la canalisation C1. Calculer le courant équivalent $I'Z$ permettant de choisir la canalisation C2.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Question 7 :

Choisir en justifiant la démarche, la section de la canalisation C2.

Question 8 :

Préciser la valeur de la résistance et la valeur de la réactance de la canalisation C2.

Question 9 :

Calculer la chute de tension en régime permanent provoquée par cette canalisation (calcul à exprimer en V et en %)

ARMOIRE ELECTRIQUE

Question 10 :

Le courant équivalent calculé précédemment étant le même pour la ligne L1, on obtient la même section pour cette ligne. Préciser alors la valeur de la résistance et la valeur de la réactance de la ligne L1.

Question 11 :

Calculer la chute de tension en régime permanent provoquée par la ligne L1.

Donner à présent, la nouvelle valeur en % de la chute de tension totale en ligne.

Vérifier la compatibilité avec la norme de la chute de tension totale en ligne dans le cas le plus défavorable.

ARMOIRE ELECTRIQUE

Question 12 :

A partir de tous les éléments précédemment calculés, on cherche à définir les courants de courts-circuits pour le choix du disjoncteur Q1.

Les données à prendre en compte pour le calcul des courants de courts-circuits sont :

- La résistance et la réactance (ramenées au secondaire du transformateur) du réseau amont. Ici, la puissance de court-circuit du réseau amont est de 500 MVA.
- La résistance et la réactance (ramenées au secondaire) d'une phase du transformateur.
- La résistance et la réactance par phase de chaque ligne ou câble d'alimentation.

ARMOIRE ELECTRIQUE

- 12.1 – A partir des tableaux récapitulatifs, déterminer les valeurs des résistances et réactances du réseau amont et du transformateur ramenées au secondaire.
- 12.2 – Présenter sous forme de tableau les résultats de calcul concernant :
- la résistance de chaque élément (réseau, transformateur et câbles) la réactance de chaque élément.
- 12.3 – Calculer la valeur la valeur du court-circuit vis-à-vis du disjoncteur Q1.
- 12.4 – Calculer la valeur du courant de court-circuit dans le câble C1 lors d'un court-circuit triphasé à l'entrée du moteur M1.

ARMOIRE ELECTRIQUE

CORRIGE DE L'EXERCICE D'APPLICATION : Distribution Basse Tension d'un atelier de production.

Question 1 : I nominale secondaire du transformateur = $\frac{S}{\sqrt{3} \times U} = 160000 / (410 \times 1,732) = 225A$

Question 2 : Choix de 3 câbles (cuivre) isolés, PR, mode de pose : lettre F.
 $K1 = 1$ $K2 = 0,82$ $K3 = 0,91$ $K = 0,746$
 $I'Z = I_n = 225 A$ $I'Z = IZ/K = 302 A$

Question 3 : Lettre de sélection : F Section = 95 mm²

Question 4 : Câble C1 résistance = 22,5 x 80 / 95 = 19 mΩ
 Réactance = 0,08 x 80 = 6,4 mΩ

Question 5 : Δ U C1 Δ U = 0,42 x 225 x 0,08 = 7,56 V
 Δ U % = 100 x 7,56 / 410 = 1,84 %

Question 6 : I_n = 137,5 A K = 0,746 I'Z = 137,5 / 0,746 = 184,3 A

Question 7 : S = 50 mm²

Question 8 : Câble C2 R = 22,5 x 55 / 50 = 24,75 mΩ
 X = 0,08 x 55 = 4,4 mΩ

Question 9 : Δ U C2 Δ U = 0,75 x 137,5 x 0,055 = 5,672 V
 Δ U % = 100 x 5,672 / 410 = 1,38 %
 Δ U total = Δ U C1 + Δ U C2 = 1,84 + 1,38 = 3,22 %

Question 10 : S = 50 mm² R = 22,5 x 25 / 50 = 11,25 mΩ
 X = 0,08 x 25 = 2 mΩ

Question 11 : Δ U L1 Δ U = 0,75 x 137,5 x 0,025 = 2,58 V
 Δ U % = 100 x 2,58 / 410 = 0,629 %
 Δ U total = 3,22 + 0,629 = 3,849 % < 8 % bon

Question 12 :
 Questions 12.1 et 12.2

	R (mΩ)	X (mΩ)	Z (mΩ)
Réseau 500 MVA	0,05	0,35	
Transformateur HT/BT	15,63	39,02	
Câble C1	19	6,4	
Total pour Q1	34,63	45,42	57,11
Jeu de barres B1	0,06		
Câble C2	24,75	4,4	
Ligne L1	11,25	2	
Total pour Moteur	70,63	52,42	87,96

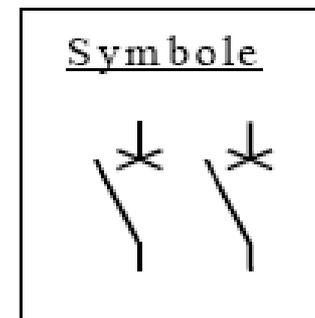
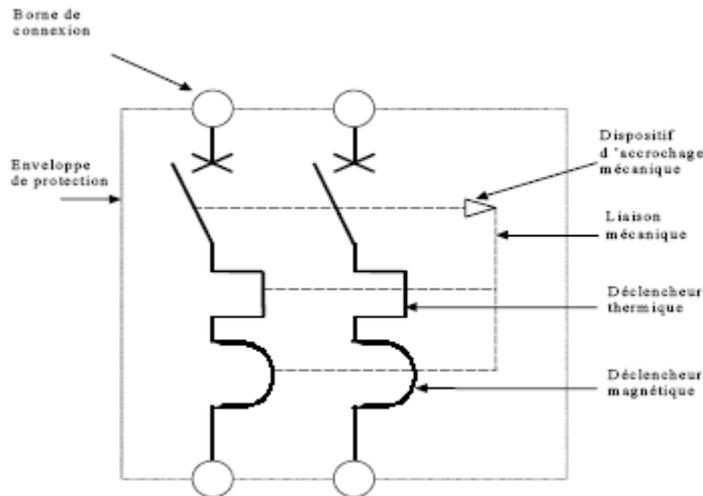
Question 12.3 I_{cc} (Q1) = 410 / (1,732 x 57,11) = 4,14 kA

Question 12.4 I_{cc} (M) = 410 / (1,732 x 87,96) = 2,69 kA

ARMOIRE ELECTRIQUE

Disjoncteur basse tension

Un disjoncteur est un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre un courant dans un circuit électrique



ARMOIRE ELECTRIQUE

Disjoncteur

Un disjoncteur protège l'installation :

- Contre les surcharges (action du déclencheur thermique)
- Contre les courts-circuits (action du déclencheur magnétique)

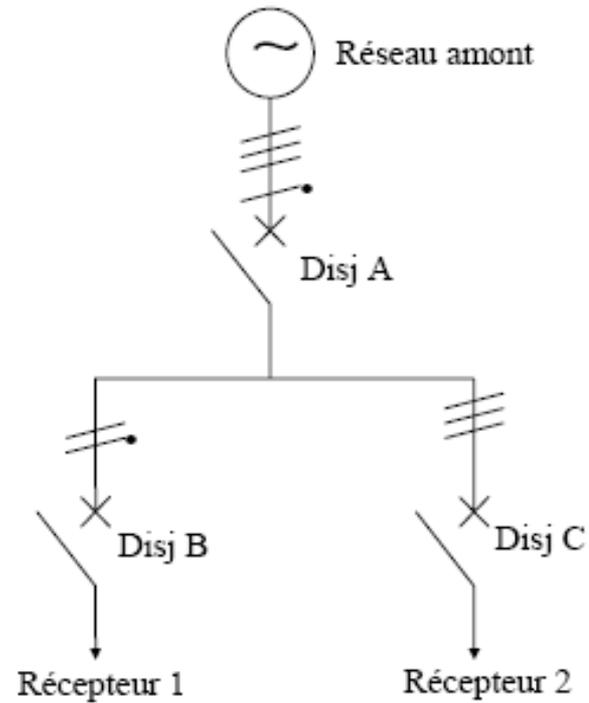
Un disjoncteur est capable d'interrompre un circuit quelque soit le courant qui le traverse jusqu'à son pouvoir de coupure ultime

ARMOIRE ELECTRIQUE

Disjoncteur

un disjoncteur est caractérisé essentiellement par son intensité nominale, sa tension nominale, son nombre de pôles, son pouvoir de coupure, le type de déclencheur utilisé et sa courbe de déclenchement

ARMOIRE ELECTRIQUE



ARMOIRE ELECTRIQUE

Disjoncteur

- * Disj A : Disjoncteur tétra polaire (3 phases +neutre) ; calibre fonction de l'intensité nominale du réseau amont.
- * Disj. B : Disjoncteur bipolaire (phase + neutre) ; calibre fonction de l'intensité nominale du récepteur1.
- *Disj. C : Disjoncteur tripolaire (3 phases) ; calibre fonction de l'intensité nominale du récepteur 2.
- * La tension nominale de chaque disjoncteur correspond à la tension entre 2 phases du réseau amont.

ARMOIRE ELECTRIQUE

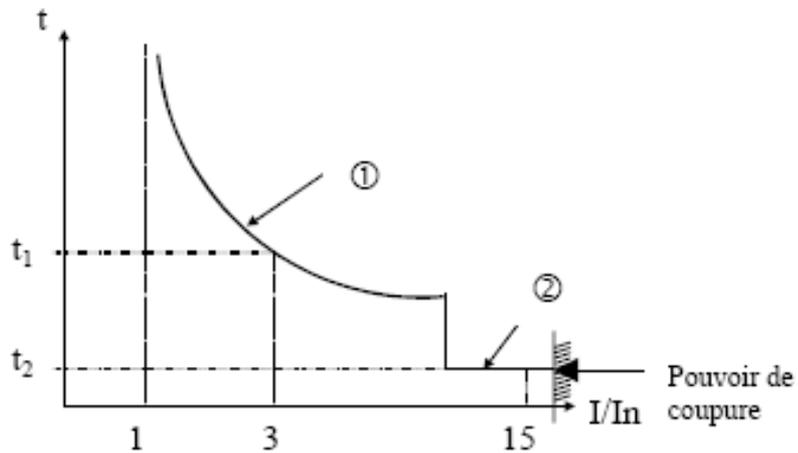
Disjoncteur

La courbe de déclenchement d'un disjoncteur est fonction de la nature de la charge vue en aval de celui-ci.

Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur doit être supérieur à l'intensité le traversant lors d'un court circuit apparaissant à ses bornes

Courbe typique de déclenchement : elle représente la variation du temps de déclenchement du disjoncteur en fonction du rapport I/I_n (I : l'intensité réelle et I_n : c'est le courant nominal)

ARMOIRE ELECTRIQUE



① : courbe de déclenchement thermique
② courbe de déclenchement magnétique

ARMOIRE ELECTRIQUE

Disjoncteur

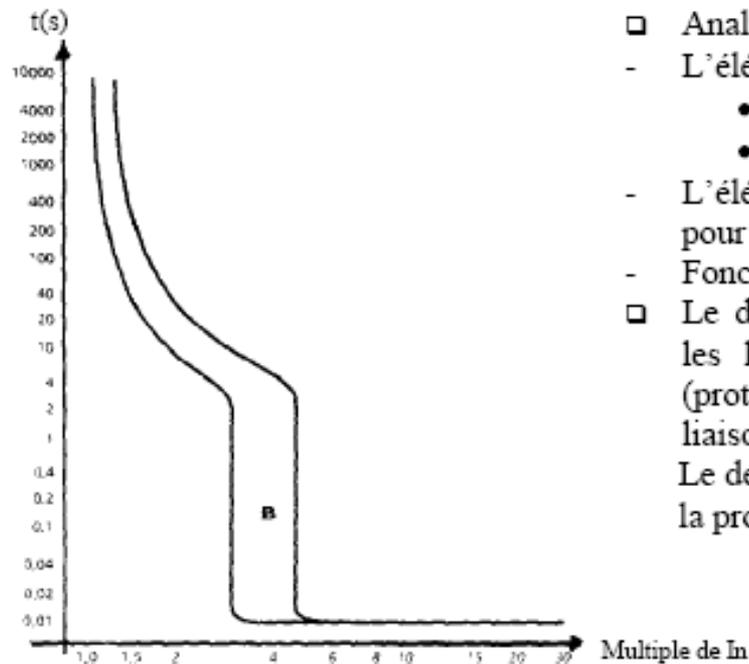
- $I/I_n = 3$: la protection est assurée par le déclencheur thermique (temps de déclenchement = t_1)
- $I/I_n = 15$: la protection est assurée par le déclencheur magnétique (temps de déclenchement = t_2)

Selon le domaine d'application du disjoncteur (sur charge résistive, sur charge inductive,

Déclenchement instantané ou à retard désiré), il existe différentes courbes de Déclenchement. Parmi les plus employées, nous retiendrons la courbe B, la courbe C et la Courbe D

ARMOIRE ELECTRIQUE

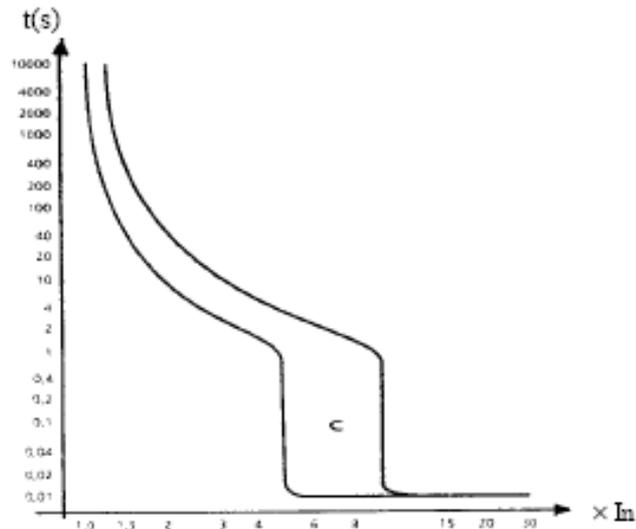
Courbe B



- Analyse de la courbe
 - L'élément thermique tolère :
 - $1,5 \times I_n$ durant 3 mn
 - $2 \times I_n$ durant 30 s
 - L'élément magnétique provoque la coupure pour $8 I_n$ au bout de 10 ms
 - Fonctionnement du magnétique : 3 à 5 fois I_n
- Le déclencheur courbe B est utilisé lorsque les longueurs des câbles sont importantes (protection des personnes avec schémas de liaisons à la terre type IT ou TN).
Le déclencheur courbe B est aussi utilisé pour la protection des circuits résistifs.

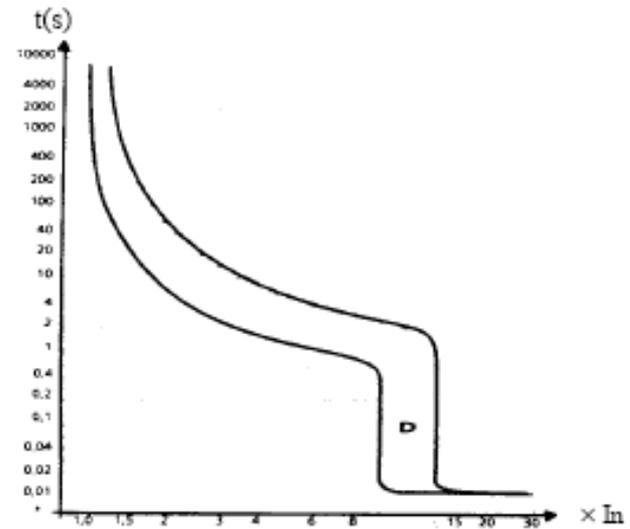
ARMOIRE ELECTRIQUE

Courbe C



- protection des circuits à fort appel de courant
- fonctionnement du magnétique : 5 à 10 fois I_n

Courbe D



- protection des circuits à fort appel de courant
- fonctionnement du magnétique : 10 à 14 fois I_n

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Circuit de commande

Il comprend tous les appareils nécessaires à la commande et au contrôle des automatismes .Il est composé de:

- Une source d'alimentation.
- Un appareil d'isolement. (contacts auxiliaires du sectionneur).
- Une protection du circuit (fusible, disjoncteur).
- Appareils de commande ou de contrôle (bouton poussoir, détecteur de grandeur physique).
- Organes de commande (bobine de contacteur).

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Circuit de puissance :

Il comprend les appareils nécessaires au fonctionnement des récepteurs de puissances et sert à exécuter les ordres reçus du circuit de commande.

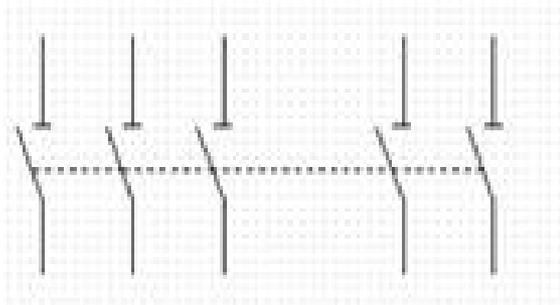
Il est composé de:

- Une source d'alimentation généralement triphasée.
- Un appareil d'isolement. (sectionneur).
- Une protection du circuit (fusible, relais de protection)
- Appareils de commande (les contacts de puissance du contacteur)
- Des récepteurs de puissance (des moteurs).

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils d'isolement

1-Le sectionneur

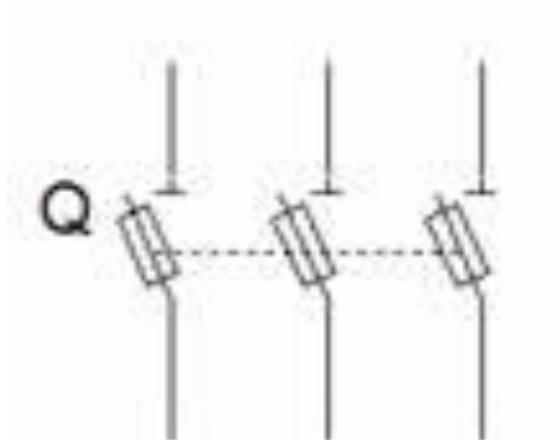


- sa manœuvre se fait à vide
- il n'a pas de pouvoir de coupure (il ne peut interrompre aucun courant)

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils d'isolement

2-Le fusible sectionneur



INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de protection

1-Le fusible

C'est un appareil composé d'un fil conducteur qui grâce à sa fusion ouvre le circuit lorsque l'intensité du courant dépasse la valeur maximale supportée par le fil.



INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de protection

1-Le fusible

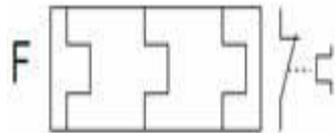
Il existe plusieurs types de fusible qui sont:

- les fusibles g, g1, gf qui supportent jusqu'à 1,1 fois le courant nominal.
- Les fusibles AD (Accompagnent disjoncteur) supportent jusqu'à 2.7 fois le courant nominal.
- Les fusibles AM (Accompagnent Moteur) supportent jusqu'à 7 fois le courant nominal (protéger contre les courts-circuits.)

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de protection

2-Le relais de protection:



Constitué d'un déclencheur et d'un contact auxiliaire à ouverture.

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de commandes

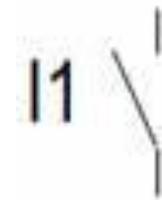
Ce sont les appareils qui permettent la mise en fonctionnement d'un automatisme.

Il Existe deux types de commande :

- manuelle.
- Automatique

Appareils de commande manuelle

1-interrupteur :



INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de commande manuelle

2 Commutateur :

C'est un appareil qui permet de sélectionner un mode de fonctionnement.

3-Bouton poussoir :



INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de commande automatique

1 Interrupteur de position:

Ils sont constitués de contacts qui se placent sur le parcours des éléments mobiles de façon à être actionnés lors d'un déplacement.

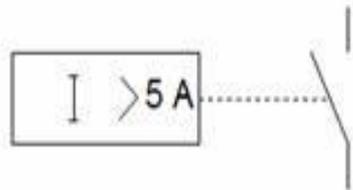
Exemple: interrupteur de position de fin de course



INSTALLATION INDUSTRIELLE

Appareils de commande automatique

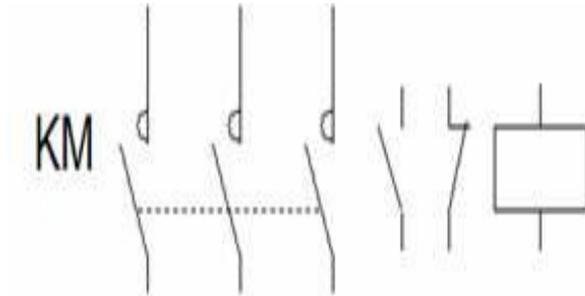
2-Détecteurs de grandeurs physiques (électrique) :



INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Organes de commande

1- le contacteur



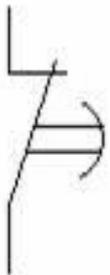
INSTALLATION INDUSTRIELLE

- **Organes de commande**

2-le relais temporisé:

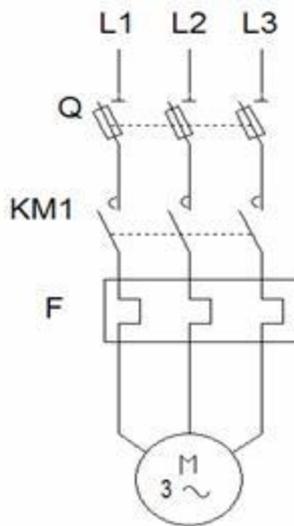
Il est composé de :

- une bobine
- un ou plusieurs contacts à action temporisée par rapport à l'excitation de la bobine.



INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage direct(un seul sens de rotation)



L1, L2, L3 : alimentation triphasée

Q : fusible sectionneur

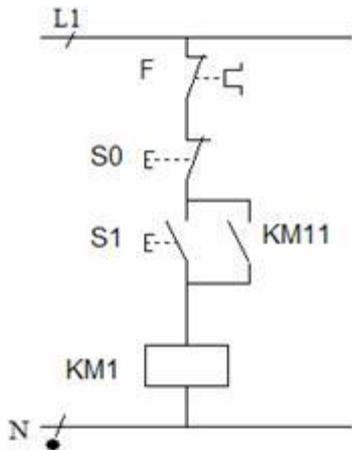
KM1 : contacteur principal 1

F : relais thermique

M : moteur triphasé

INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage direct(un seul sens de rotation)
-circuit de commande



F: contact auxiliaire du relais thermique

S_0 : bouton poussoir arrêt

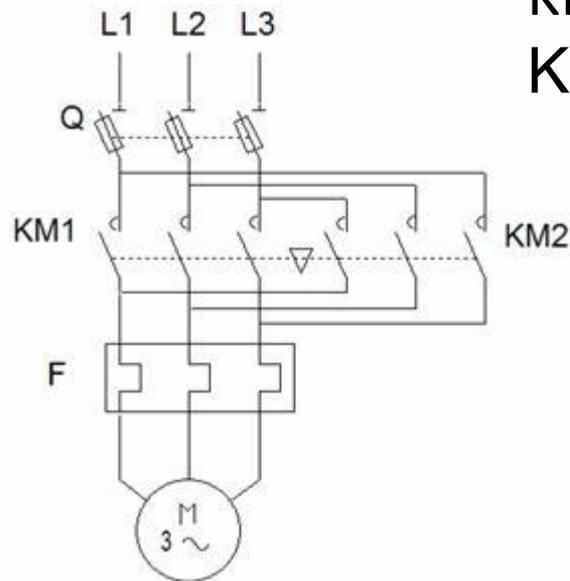
S_1 : bouton poussoir marche

KM1 : bobine du contacteur

KM11 : contact auxiliaire du contacteur

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Démarrage direct (deux sens de rotation) Circuit de puissance

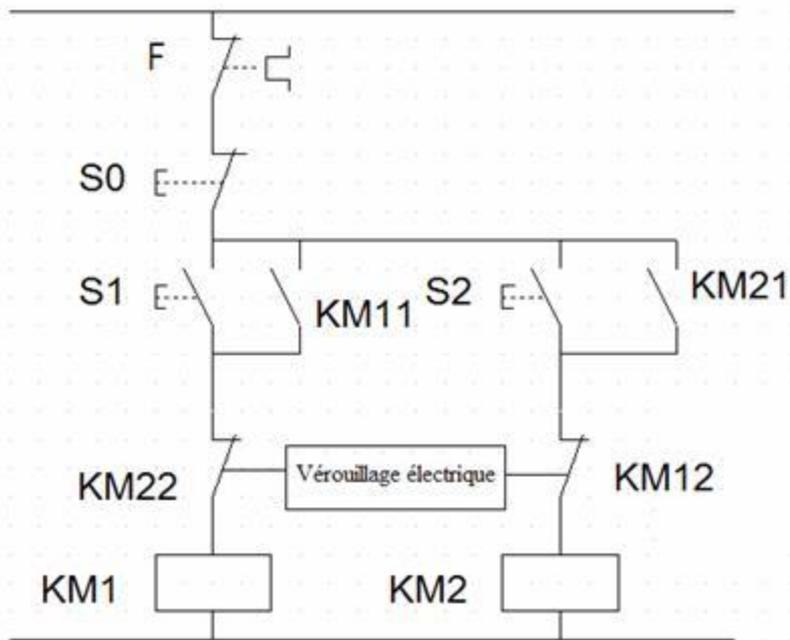


KM1 : contacteur sens 1

KM2 : contacteur sens 2

INSTALLATION INDUSTRIELLE

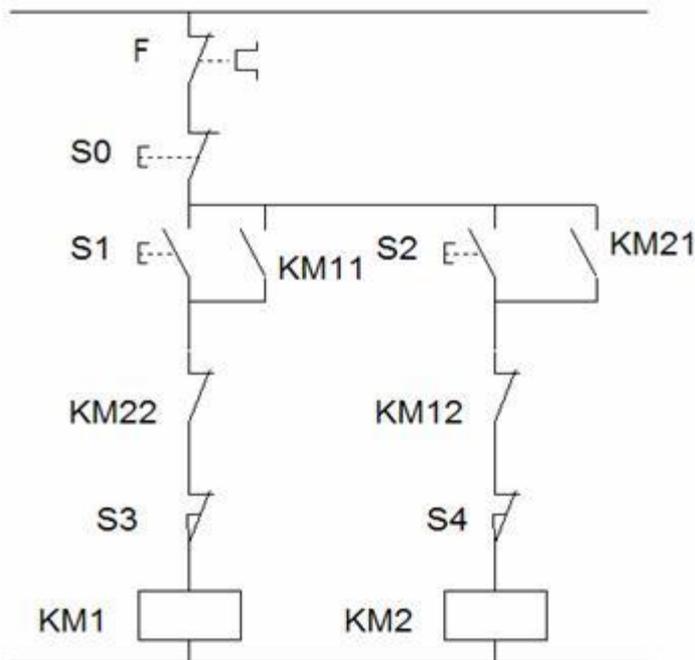
Démarrage direct (deux sens de rotation) Circuit de commande



INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage direct (deux sens de marche avec butées de fin de course)

Circuit de commande



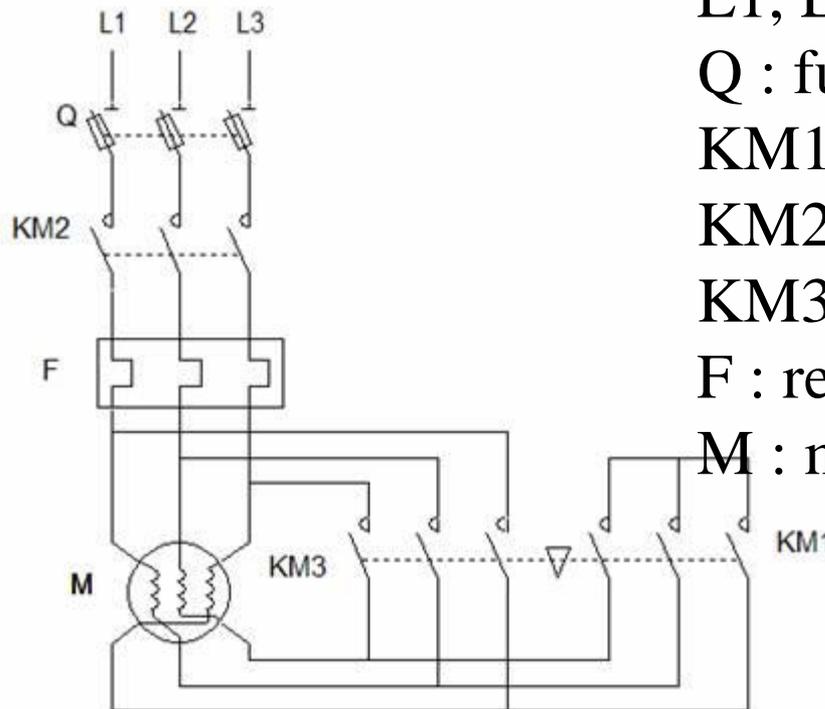
S3 : butée de fin de course pour le sens 1

S4 : butée de fin de course pour le sens 2

INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage étoile triangle

Circuit de puissance



L1, L2, L3 : alimentation triphasée

Q : fusible sectionneur

KM1 : contacteur couplage étoile

KM2 : contacteur de ligne

KM3 : contacteur couplage triangle

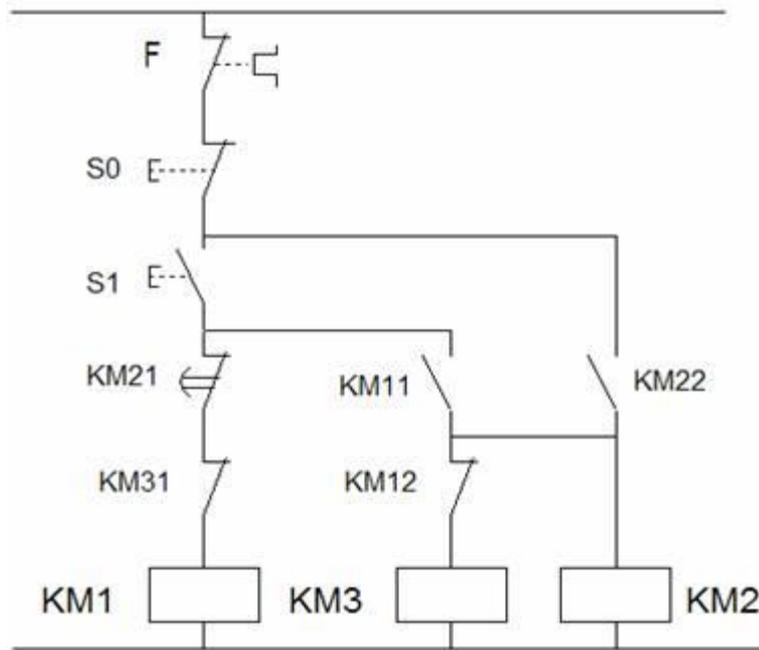
F : relais thermique

M : moteur triphasé

INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage étoile triangle

Circuit de commande



F : contact auxiliaire du relais thermique

S₀ : bouton poussoir arrêt

S₁ : bouton poussoir marche

KM1 : bobine du contacteur couplage étoile

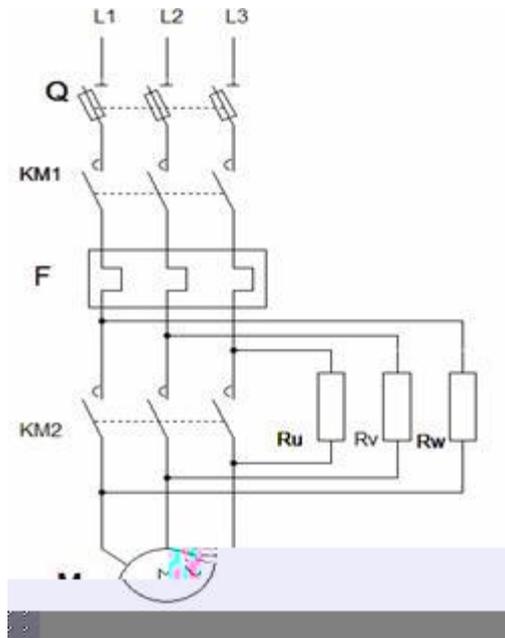
KM2 : bobine du contacteur ligne

KM3 : bobine du contacteur couplage triangle

KM21 : contact auxiliaire à ouverture **retardé** à l'ouverture

INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage par élimination de résistances statoriques



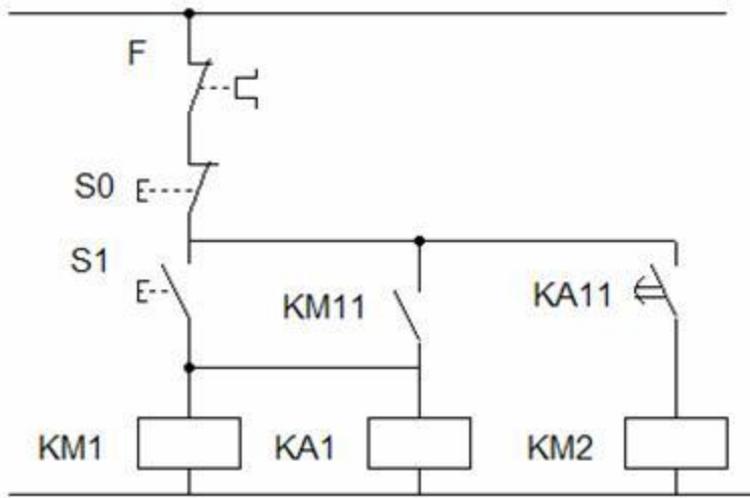
KM1 : contacteur de ligne

KM2 : contacteur de court circuit
des résistances

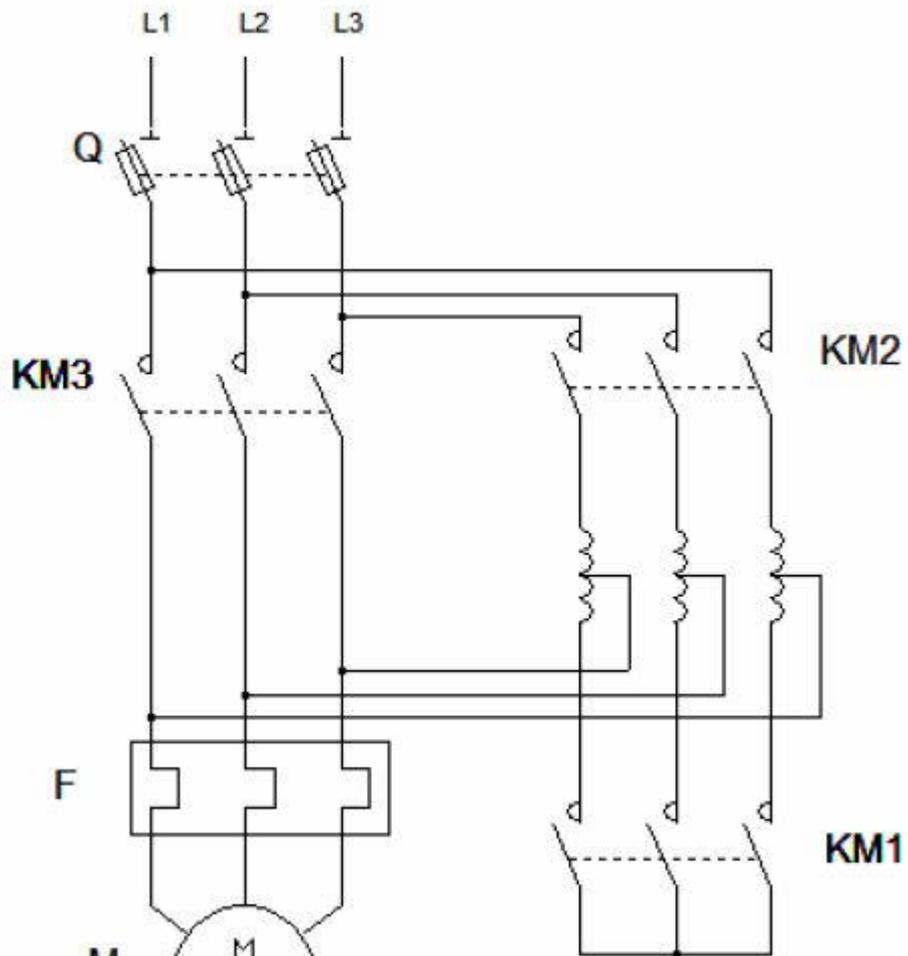
Ru, Rv et Rw : groupe de
résistances

INSTALLATION INDUSTRIELLE

Démarrage par élimination de résistances statoriques

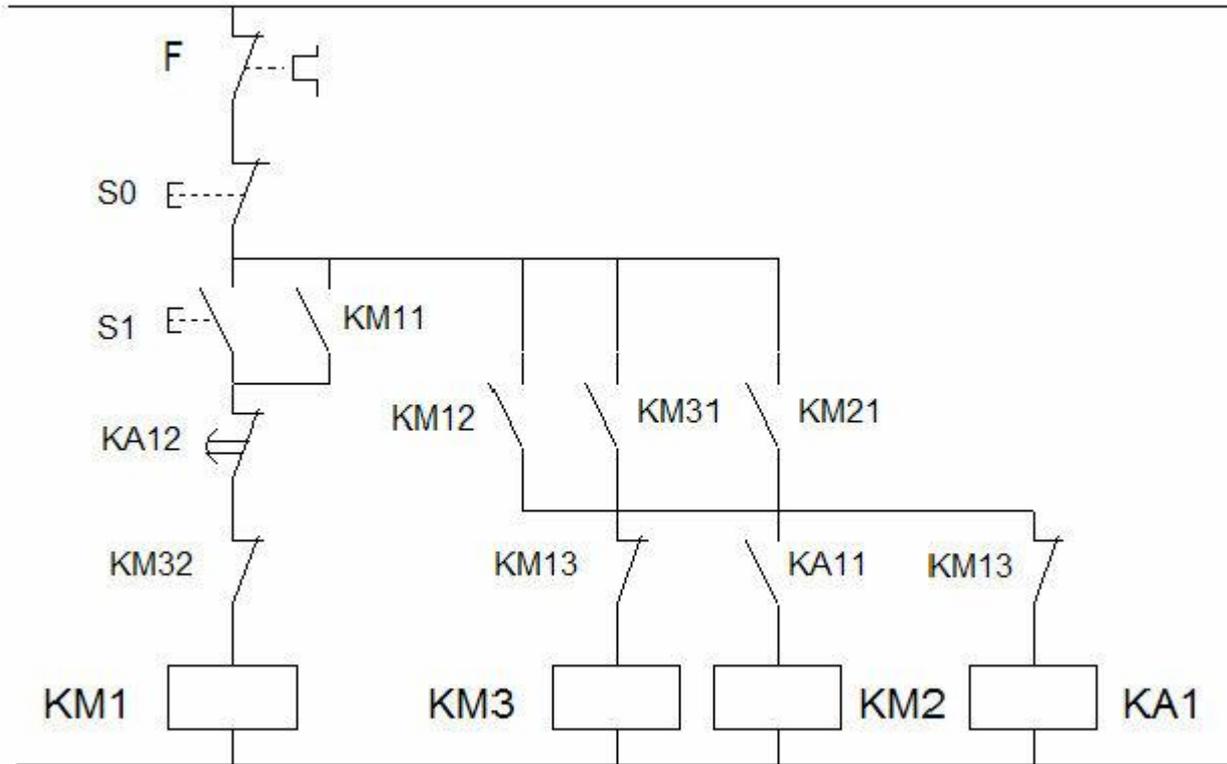


- Démarrage par autotransformateur



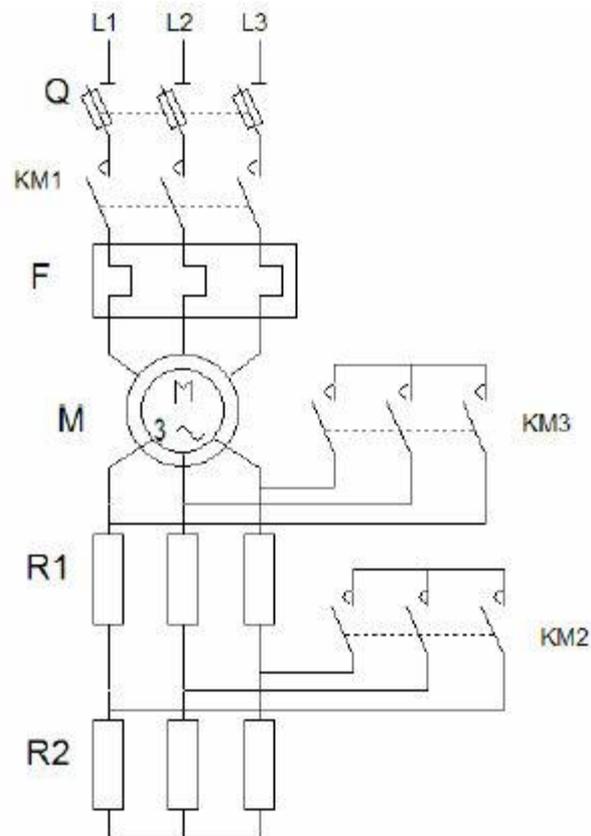
INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage par autotransformateur



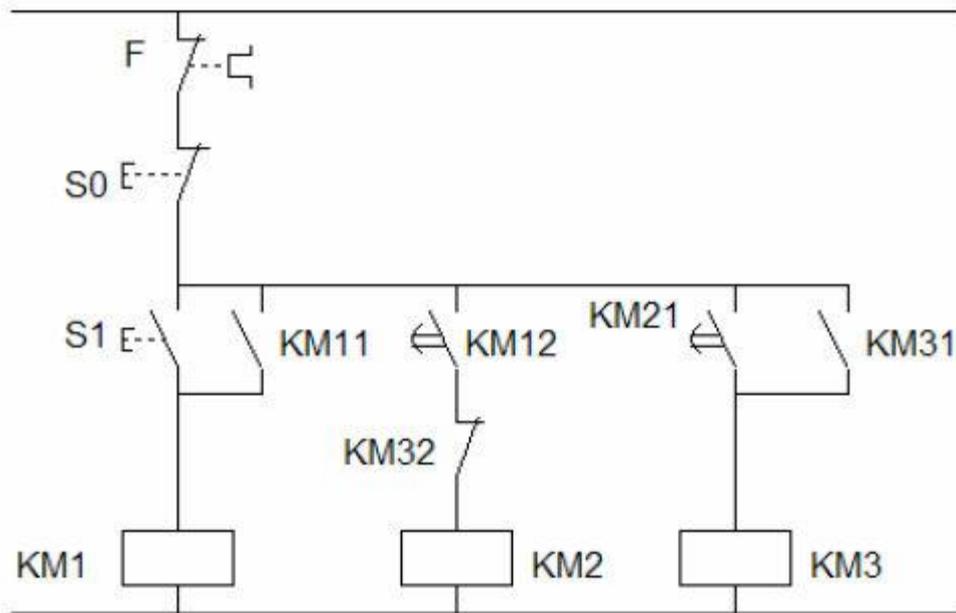
INSTALLATION INDUSTRIELLE

- Démarrage par élimination de résistances rotoriques (seul sens de rotation)



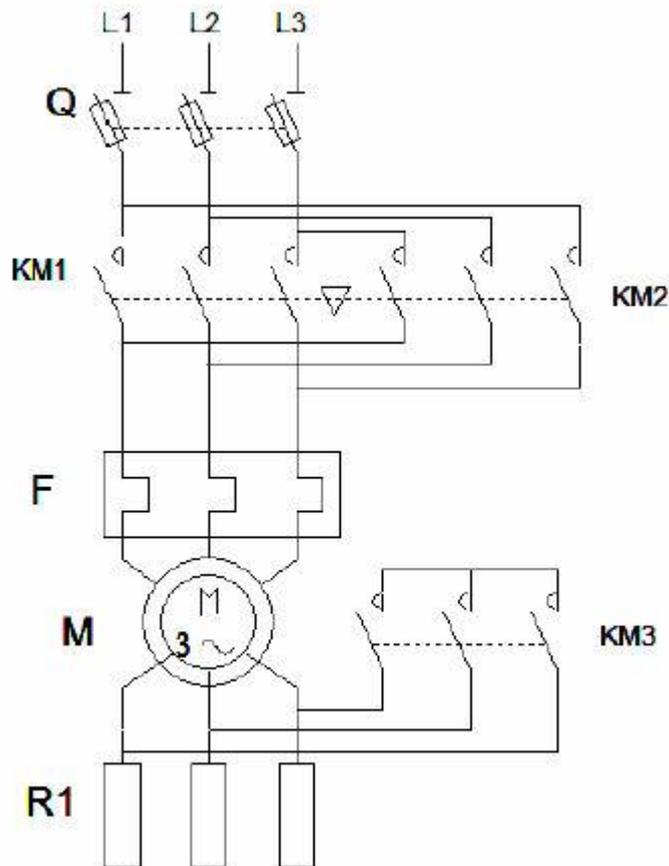
INSTALLATION INDUSTRIELLE

Démarrage par élimination de résistances rotoriques (seul sens de rotation)



INSTALLATION ELECTRIQUE

- Démarrage par élimination de résistances rotoriques(deux sens de rotation)



INSTALLATION ELECTRIQUE

- Démarrage par élimination de résistances rotoriques(deux sens de rotation)

