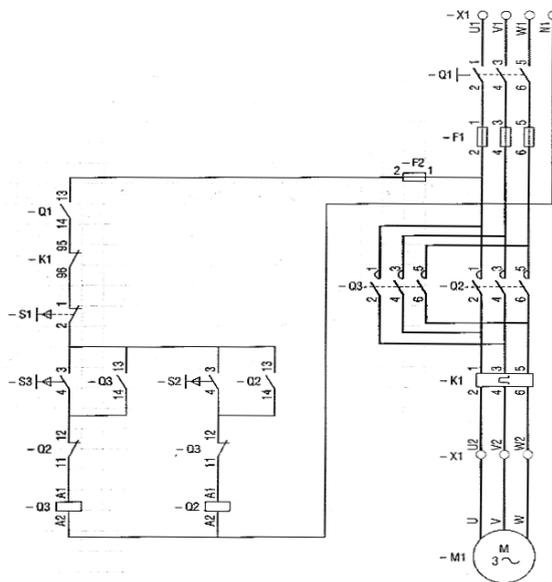


Polycopié de Cours  
**Schémas et Appareillages**



## **AVANT PROPOS**

Ce cours de schémas et appareillages s'adresse aux étudiants de la troisième année des filières : Électrotechnique et Électromécanique. Celui-ci est le résultat du cours que j'ai enseigné, pendant plusieurs années, aux étudiants de la 1<sup>er</sup> année DEUA (Diplôme d'Etudes Universitaires Appliqués), de 2000 à 2002 et aux étudiants de la troisième année Licence en Electromécanique, ces deux dernières années (2019 à 2021)

Toutefois, les premières maquettes des travaux pratiques que j'avais réalisé en 2001 au Laboratoire de Schémas et Appareillages sont le fruit de mon expérience dans l'enseignement de cette matière, et grâce au don de l'entreprise Schneider Algérie au profit de l'Université de Béjaia, j'ai renouvelé et actualisé cette première version des maquette en 2017.

Dr A. RAHMANI

# **SOMMAIRE**

# SOMMAIRE

## CHAPITRE I APPAREILLAGE ELECTRIQUE

<b>I.1 GENERALITES SUR L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE.....</b>	<b>3</b>
I.1.1 But de l'appareillage électrique.....	3
I.1.2 Les fonctions de base de l'appareillage électrique.....	3
I.1.2.1 Le sectionnement.....	3
I.1.2.1.1 Qualité de sectionnement.....	3
I.1.2.2 La commande.....	3
I.1.2.3 La protection.....	4
I.1.2.3.1 La fonction de protection contre les court-circuits.....	5
I.1.2.3.2 La fonction de protection contre les surcharges.....	5
I.1.2.3.2.1 Origine des surintensités de surcharge.....	5
I.1.2.3.2.2 Les Surtensions.....	5
I.1.2.3.3 Solutions contre les surintensités.....	5
I.1.2.3.3.1 Test à fréquence industrielle.....	5
I.1.2.3.4 Mesures contre les surtensions transitoires.....	5
I.1.3 Analyse des causes et effets des différentes perturbations.....	5
I.1.4 Classification normalisée de l'appareillages électriques.....	7
<b>I.2. LES INTERRUPTEURS.....</b>	<b>8</b>
I.2.1. Définition.....	8
I.2.2 L'interrupteur à un seul contact.....	8
I.2.3 L'inverseur.....	8
I.2.4. Symbole de l'Interrupteur.....	8
I.2.5. Le bouton-poussoir.....	8
I.2.6. Interrupteur différentiel.....	9
I.2.7. Interrupteur sectionneur.....	9
I.2.8. Interrupteurs fusibles.....	9
I.2.9. Symboles des interrupteurs.....	10
I.2.10. Caractéristiques des interrupteurs.....	10
I.2.10.1. leurs pouvoirs de fermeture.....	10
I.2.10.2. le nombre de pôle avec ou sans dispositif de condamnation.....	10
I.2.10.3. tenue électrodynamique.....	10
I.2.10.4. catégorie d'emploi.....	10
<b>I.3. SECTIONNEMENT ELECTRIQUE.....</b>	<b>10</b>
I.3.1. Le sectionneur.....	11
I.3.1.1 Définition.....	11
I.3.1.2 Rôle des différents organes.....	12
I.3.1.3 Sectionneur porte-fusible.....	12
I.3.1.4 Choix d'un sectionneur.....	13
I.3.2 Interrupteur sectionneur.....	13
I.3.2.1 Définition de l'interrupteur sectionneur.....	13
I.3.2.2 Choix d'un interrupteur sectionneur.....	14
I.3.2.3 Intensité nominale de l'interrupteur sectionneur.....	14
I.3.2.4 Symbole de l'interrupteur et de l'interrupteur sectionneur.....	14
<b>I.4. Les contacteurs.....</b>	<b>14</b>

I.4.1 Définition.....	14
I.4.2 Constitution d'un contacteur.....	15
I.4.3 Fonctionnement d'un contacteur.....	16
I.4.4 Contacteur auxiliaire.....	17
I.4.4.1 Bloc de contacts auxiliaires.....	17
I.4.4.2 Bloc auxiliaire temporisé.....	17
I.4.5 Principaux critères de choix d'un contacteur.....	18
I.4.6 Différents catégorie de contacteurs.....	19
I.4.6.1 Catégorie d'emploi.....	19
I.4.7 Dispositif de condamnation mécanique.....	20
I.4.7.1 Verrouillage électrique.....	20
I.4.7.2 Verrouillage mécanique.....	20
<b>I.5. FUSIBLE.....</b>	<b>21</b>
I.5.1 Définition.....	21
I.5.2 Rôle.....	21
I.5.3 Constitution et principe de fonctionnement d'un fusible.....	21
I.5.3.1 Symbole d'un fusible .....	22
I.5.4 Différents éléments d'un fusible.....	22
I.5.5 Différents types de cartouches fusibles.....	23
I.5.5.1 Cartouches type distribution Classe gG (gL).....	23
I.5.5.2 Cartouches type moteur Classe aM (accompagnement Moteur.....	24
I.5.5.3 Cartouche AD (Accompagnement Disjoncteur).....	24
I.5.5.4 Fusibles uR (ultra-Rapide).....	25
I.5.6 Caractéristiques principales d'un fusible.....	25
I.5.7 Choix d'un fusible.....	26
I.5.8 Avantages et inconvénients d'un fusible.....	27
<b>I.6. DISJONCTEURS.....</b>	<b>27</b>
I.6.1 Définition.....	27
I.6.2 Les différents types de disjoncteurs.....	27
I.6.3 Symbole d'un disjoncteur.....	28
I.6.4 Constitution générale d'un disjoncteur.....	28
I.6.5 Caractéristiques principales d'un disjoncteur.....	29
I.6.6 Courbes de déclenchement.....	29
I.6.6.1 Courbes de déclenchement normalisés.....	30
I.6.7 Disjoncteur magnétothermique.....	32
I.6.7.1 Principe de fonctionnement.....	32
I.6.7.1.1 Déclencheur thermique.....	33
I.6.7.1.2 Déclencheur magnétique.....	33
I.6.8 Disjoncteur différentiel.....	34
I.6.9 Disjoncteurs divisionnaires.....	35
I.6.10 Choix d'un disjoncteur.....	35
<b>I.7. RELAIS THERMIQUE.....</b>	<b>36</b>
I.7.1 Définition.....	36
I.7.2 Rôle.....	36
I.7.3 Principe de fonctionnement.....	36
I.7.4 Courbe de déclenchement des relais thermiques.....	37
I.7.5 Utilisation des relais thermiques.....	38

<b>I.8. RELAIS MAGNETIQUE (ELECTROMAGNETIQUE).....</b>	<b>38</b>
I.8.1 Rôle.....	38
I.8.2 Principe de fonctionnement.....	39
I.8.3 Symbole.....	39
I.8.4 Réglage.....	39
I.8.5 Courbe de déclenchement des relais magnétiques.....	40
<b>I.9. LES CAPTEURS.....</b>	<b>40</b>
I.9.1 Les détecteurs mécaniques (Interrupteurs de fin de course).....	40
I.9.1.1 Les détecteurs inductifs.....	41
I.9.1.2 Les détecteurs capacitifs.....	41

## CHAPITRE II

### ELABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES

<b>II.1 INTRODUCTION .....</b>	<b>42</b>
<b>II.2. SYMBOLES NORMALISES DE L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE .....</b>	<b>42</b>
II.2.2. Définition de la normalisation .....	42
II.2.3. Organismes de standardisation et de normalisation.....	42
II.2.3.1 Organismes officiels.....	42
II.2.3.1.1 Au niveau International.....	43
II.2.3.1.2 Au niveau Européen.....	43
II.2.3.1.3 Au niveau des autres pays étrangers .....	43
II.2.4 Les normes d'Electrotechnique.....	43
II.2.4.1 Repérage d'une norme française.....	43
II.2.4.2 Repérage d'une norme Européenne.....	44
II.2.4.3 Exemple de correspondance de normes.....	43
<b>II.3. CLASSIFICATION DES SCHEMAS.....</b>	<b>44</b>
II.3.1. Classification selon le but envisagé .....	44
II.3.2. Classification des schémas selon le mode de représentation.....	45
II.3.2.1 Selon le nombre de conducteurs.....	45
II.3.2.1.1 Représentation unifilaire.....	45
II.3.2.1.2 Représentation multifilaire.....	45
II.3.2.2 Selon l'emplacement des symboles.....	46
II.3.2.2.1 Représentation assemblée.....	46
II.3.2.2.2 Représentation rangée.....	46
II.3.2.2.3 Représentation développée.....	47
II.3.2.2.4 Représentation topographique .....	47
II.3.3 Identification des éléments.....	48
<b>II.4. MARQUAGE DES BORNES.....</b>	<b>50</b>
II.4.1. Bobines.....	51
II.4.2. Contacts auxiliaires.....	51
II.4.3. Contacts principaux.....	52
II.4.3.1. Identification des bornes d'appareils.....	52

II.4.3.2. Principe de marquage pour les bornes.....	52
II.4.3.2.1 Pour un élément simple.....	52
II.4.3.2.2 Pour un groupe d'élément.....	52
II.4.3.2.3 Pour plusieurs groupes semblables.....	52
<b>II.5 NORMES ET SCHEMAS ELECTRIQUES.....</b>	<b>53</b>
II.5.1 Marquages particuliers.....	53
<b>II.6 REPERAGE DES CONDUCTEURS SUR LES SCHEMAS.....</b>	<b>53</b>
<b>II.7 REGLES ET NORMES D'ETABLISSEMENT D'UN SCHEMA ELECTRIQUE ..</b>	<b>54</b>
II.7.1 Les symboles.....	54
II.7.2 Symboles graphiques.....	54
II.7.2.1 contact d'usage général et du circuit de commande.....	54
II.7.2.2 Symboles normalisés selon NF EN 60617-7.....	55
II.7.2.3 Symboles d'usages général (Appareils de mesures et d'utilisation).....	56
II.7.2.4 Symboles électriques du plan architectural.....	57
II.7.2.5 Symboles fonctionnels des démarreurs de moteur.....	57
II.7.2.6 Liste des symboles fonctionnels.....	58

### **CHAPITRE III CIRCUITS D'ECLAIRAGE**

<b>III.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>59</b>
<b>III.2 MONTAGE SIMPLE ALLUMAGE.....</b>	<b>59</b>
III.2.1 But .....	59
III.2.2 Eléments de réalisations d'un simple allumage.....	59
III.2.3 Schéma développé.....	60
III.2.4 Schéma architectural.....	60
III.2.5. Schéma unifilaire .....	60
III.2.6. Schéma multifilaire.....	61
<b>III.3 MONTAGE DOUBLE ALLUMAGE.....</b>	<b>61</b>
III.3.1 But.....	61
III.3.2 Eléments de réalisations d'un double allumage.....	61
III.3.3 Schéma développé.....	62
III.3.4 Schéma architectural .....	62
III.3.5 Schéma de branchement.....	62
<b>III.4 MONTAGE VA ET VIENT.....</b>	<b>63</b>
III.4.1 But.....	63
III.4.2 Eléments de réalisations d'un Va et Vient .....	63
III.4.3 Schéma développé.....	63
III.4.4 Schéma architectural.....	64
III.4.5 Schéma de branchement .....	64
<b>III.5 ALLUMAGE PAR MINUTERIE .....</b>	<b>64</b>
III.5.1 But .....	64
III.5.2 Eléments de réalisations d'une minuterie.....	65

III.5.3 Principe Fonctionnement.....	65
III.5.4 Schéma développé d'une minuterie raccordée en 3 fil.....	65
III.5.5 Schéma développé d'une minuterie raccordée en 4 fils.....	66
III.5.6 Schéma architectural .....	66
<b>III.6 ALLUMAGE PAR TELERUPTEUR.....</b>	<b>67</b>
III.6.1 But.....	67
III.6.2 Eléments de réalisations d'un télérupteur.....	67
III.6.3 Fonctionnement d'un télérupteur.....	67
III.6.4 Schéma développé d'un télérupteur raccordé en 3 fils.....	68
III.6.5 Schéma développé d'un télérupteur raccordé en 4 fils.....	68
III.6.6 Schéma architectural.....	69
<b>III.7 PRISE .....</b>	<b>69</b>
III.7.1 But.....	69
III.7.2 Eléments de réalisation d'une prise.....	69
III.7.3 Schéma développé.....	70
III.7.4 Schéma architectural.....	70
<b>III.8. EXEMPLE D'UN SCHEMA ARCHITECTURAL D'UNE HABITATION.....</b>	<b>71</b>

## **CHAPITRE IV**

### **MODES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES**

<b>IV.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>72</b>
<b>IV.2 QUELQUES MODES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONE TRIPHASE.....</b>	<b>72</b>
IV.2 .1 La plaque a bornes d'un moteur asynchrone triphasé.....	72
IV.2.1.1 Schéma de branchement normalisé des enroulements.....	72
IV.2.2 Démarrage direct.....	73
IV.2.3 Démarrage sous tension réduite.....	73
IV.2.3.1 Démarrage étoile-triangle.....	73
IV.2.3.1.1 couplage et procédure de commutation.....	73
IV.2.4 démarrage statorique.....	74
IV.2.4.1 Couplage et procédure de commutation.....	74
<b>IV.3 CHOIX DU TYPE DE DEMARRAGE.....</b>	<b>75</b>
<b>IV.4. DEMARRAGE DIRECT D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE AVEC UN SEUL SENS DE OTATION.....</b>	<b>75</b>
IV.4.1. Principe de fonctionnement .....	77
IV.4.2. Schéma de puissance et de commande.....	77
IV.4.3. Fonctionnement.....	77
IV.4.3.1. Circuit de puissance.....	77
IV.4.3.2. Circuit de commande.....	77
IV.4.3.3. Protection .....	77
IV.4.4. Avantages.....	78

IV.4.5. Inconvénients .....	78
IV.4.6. Domaine d'utilisation .....	79
<b>IV.5. DEMARRAGE DIRECTE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE AVEC DEUX SENS DE MARCHE.....</b>	<b>79</b>
IV.5.1 Introduction .....	79
IV.5.2 Schémas de raccordement .....	79
IV.5.3. Fonctionnement.....	80
IV.5.3.1. Circuit de puissance .....	80
IV.5.3.2. Circuit de commande.....	80
IV.5.4. Protection .....	80
IV.5.5. Avantages et inconvénients.....	80
<b>IV.6. DEMARRAGE ETOILE-TRIANGLE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE .....</b>	<b>81</b>
IV.6.1. Fonctionnement du système .....	81
IV.6.2. Schémas de raccordement .....	82
IV.6.2.1. Schéma de puissance.....	82
IV.6.2.2. Schéma de commande.....	83
IV.6.2.3. Fonctionnement.....	84
IV.6.2.3.1. Circuit de puissance .....	84
IV.6.2.3.2. Circuit de commande.....	84
IV.6.2.4. Protection .....	84
IV.6.2.5. Avantages.....	84
IV.6.2.6. Inconvénients.....	84
IV.6.2.7. Utilisations du démarrage étoile triangle.....	85

# **INTRODUCTION**

## **INTRODUCTION**

La parfaite maîtrise de l'énergie électrique exige la possession de tous les moyens nécessaires à la commande et au contrôle de la circulation du courant dans les innombrables circuits, qui vont de la centrale de production jusqu'à la plus modeste utilisation terminale. Cette délicate mission incombe fondamentalement à l'appareillage électrique. Ce dernier présente l'interaction de plusieurs phénomènes pluridisciplinaires physique, électrique et électromécanique. Tout d'abord une compréhension des phénomènes physiques et électriques qui peuvent être présents lors de fonctionnement normal ou anormal de l'installation s'avère primordiale. Selon la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), l'appareillage électrique est un terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés. La fonction d'un appareillage est un critère déterminant dans le choix de l'appareillage électrique.

Cependant, le schéma d'électrotechnique est un langage graphique commun à tous les électriciens. Il est fondé sur la représentation des différents organes par des symboles, et de leurs liaisons électriques par des traits.

Ce cours est conçu pour accompagner les étudiants des deux filières de la troisième année Electromécanique et Electrotechnique, en leur facilitant la compréhension et l'apprentissage de l'appareillage et les schémas électriques.

En effet, ce support pédagogique leur permet :

- d'une part, de comprendre la structure du matériel d'électrotechnique tel que, les disjoncteurs, les interrupteurs, les sectionneurs, les contacteurs..., et de spécifier les équipements électriques (choix et dimensionnement).

- d'autre part, de savoir lire les schémas électriques et de faire la différence entre les représentations, l'identification et la signification du marquage sur un schéma électrique.

Dans ce cours, nous verrons dans le premier chapitre la description d'une façon précise des principaux appareillages de l'installation électrique, ainsi que leurs différentes caractéristiques techniques. Cette description va tenir compte des définitions et du rôle des différents éléments constituant l'appareil, qui assurent la mission complète de ce dernier.

Dans le deuxième chapitre, nous mettrons l'accent sur les notions fondamentales pour l'élaboration des schémas électriques, avec la description d'une installation électrique et de la normalisation des installations et la classification des schémas électriques. Cette dernière est l'ensemble des règles techniques qui permettent de standardiser l'appareillage électrique (sa représentation et son branchement). Par la suite, nous décrirons le schéma électrique, son mode de représentation et sa classification. Enfin, nous donnerons la manière d'identifier et de repérer n'importe quel élément d'une installation électrique.

Au troisième chapitre, nous présenterons les différents montages utilisés des circuits d'éclairage; leurs schémas normalisés, leurs buts et leurs modes de fonctionnement.

Le quatrième chapitre sera réservé à l'illustration des différents modes de démarrages des moteurs asynchrones triphasés, leurs circuits de puissances et de commandes, ainsi que leurs modes de fonctionnement, leurs rôles et leurs symboles normalisés.

Dr Allaoua RAHMANI

**CHAPITRE I**  
**APPAREILLAGE ELECTRIQUE**

# CHAPITRE I

## APPAREILLAGE ELECTRIQUE

### I.1 GENERALITES SUR L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE :

#### I.1.1 But de l'appareillage électrique

L'appareillage électrique a pour but essentiel :

- de réaliser des connexions entre les circuits,
- d'établir ou couper le courant,
- de protéger les personnes, les animaux et les biens ;
- de régler, contrôler et mesurer les grandeurs électriques.

#### I.1.2 Les fonctions de base de l'appareillage électrique :

La fonction de base d'un appareillage électrique est d'assurer : le sectionnement, la commande et la protection

##### I.1.2.1 Le sectionnement :

Le sectionnement s'installe majoritairement en tête d'une installation électrique. Il vise la coupure de l'arrivée électrique pour d'éventuelles interventions de réparation et de maintenance (protection des personnes). Il est bon de la prévoir à différents étages de la distribution afin d'assurer le maximum de continuité de service lors d'une opération d'entretien.

##### *I.1.2.1.1 Qualité de sectionnement :*

Cette séparation doit être **effectuée à l'origine de l'installation** et le dispositif qui assure cette fonction doit permettre :

- ✓ **L'isolation** des circuits des sources d'énergie.
- ✓ Une **séparation omnipolaire** "coupure de tous les conducteurs actifs", non simultanée\* (\* sauf en HTA et HTB).
  - Omnipolaire signifie "tous les pôles".
  - Simultané signifie "en même temps".
  - Omnipolaire Simultané signifie "tous les pôles d'un dispositif de coupure (Disjoncteur, Interrupteur) s'ouvrent ou se ferment en même temps".
- ✓ Une **condamnation en position d'ouverture** (sauf en BTA ou toute fermeture intempestive doit être rendue impossible).
- ✓ Une **séparation pleinement apparente\*** (sauf en BTA) c'est-à-dire visible ou bien indication « ouvert » si tous les contacts sont effectivement ouverts et séparés par la distance.

##### I.1.2.2 La commande :

C'est mettre en service ou hors service un circuit, une installation, un appareil. L'appareil de commande peut se trouver à l'origine de l'installation ou à proximité du récepteur.

Cette intervention peut se faire à deux niveaux différents définis par :

✓ **La commande fonctionnelle.**

La fonction de commande permet la mise en marche et l'arrêt volontaire (manuelle, automatique ou à distance) d'une machine ou d'un récepteur.

✓ **La qualité de commande :**

L'appareillage de commande, destiné à établir ou interrompre des courants électriques, possède un pouvoir de fermeture et un pouvoir de coupure.

La fonction commande est souhaitable :

- A l'origine de toute installation.
- Au niveau des récepteurs.

✓ **La coupure de sécurité.**

Le dispositif de coupure d'urgence a pour fonction principale la coupure en charge de tous les conducteurs actifs d'un circuit, dont le maintien sous tension peut être dangereux en cas de choc électrique ou de risque d'incendie, voire d'explosion.

Un dispositif de coupure d'urgence doit être placé et aisément reconnaissable,

- Disposé de manière à être facilement et rapidement accessible,
- Permettant en une seule manœuvre de couper en charge tous les conducteurs actifs.

Il est admis que ce dispositif commande plusieurs circuits terminaux.

**I.1.2.3 La protection :** Elle est destinée plus particulièrement à protéger les biens (matériel, câble, ..), et le voisinage de ces matériels.

Les systèmes de protection assurent la protection :

- des câbles électriques et les équipements contre: Les surcharges (les courants de court-circuit et les surintensités).
- des personnes (les dangers des courants électriques).

*1.1.2.3.1 La fonction de protection contre les court-circuits :*

Le court-circuit est une surintensité brutale produite par une chute d'impédance subite et imprévue, entre deux ou plusieurs points présentant une différence de potentiel normale.

Les dispositifs de protection contre les court-circuits permettent de détecter et de couper le plus rapidement possible, des courants élevés susceptibles de détériorer l'installation :

- par des forces de Laplace trop élevées déformant les conducteurs, voire à des ruptures mécaniques très brutales type explosion,
- par des échauffements très intenses qui détériorent définitivement les isolants ou qui provoquent des incendies.

*1.1.2.3.2 La fonction de protection contre les surcharges :*

La surcharge, due généralement au récepteur, est une surintensité relativement modérée, se produisant dans un circuit électriquement sain (sauf, dans le cas de certains défauts d'isolement).

#### 1.1.2.3.2.1 Origine des surintensités de surcharge :

- Généralement un incident mécanique ou une augmentation anormale du couple résistant de la machine entraînée, occasionnant :
  - Soit le calage de moteur.
  - Soit le ralentissement momentané ou prolongé.
- Une surabondance de récepteurs alimentés par un même circuit.
- Un défaut d'isolement n'entraînant, dans une boucle de défaut d'impédance non négligeable, que la circulation d'un courant de défaut de surcharge.

#### 1.1.2.3.2.2 Les Surtensions :

Selon leur origine, on distingue principalement trois types de surtension:

- les surtensions dues à des **coups de foudre** de proximité, dites surtensions **d'origine atmosphérique**. Elles affectent principalement les installations directement reliées au réseau public.
- Les surtensions de **manœuvre**. Les manœuvres hautes tension et la fusion des fusibles BT donnent lieu à des surtensions assez énergétiques.
- Les surtensions dues à des défauts directe HT/BT.

#### 1.1.2.3.3 Solutions contre les surintensités :

##### 1.1.2.3.3.1 Test à fréquence industrielle

Tenue diélectrique à fréquence industrielle des matériels, généralement :

$$2U + 1000 \text{ Volts/1mn.}$$

Dans le régime du neutre **IT**, la présence de **limiteurs de surtension** est obligatoire pour protéger l'installation contre les surtensions à fréquence industrielle.

##### 1.1.2.3.4 Mesures contre les surtensions transitoires :

- La protection est assurée à l'aide de **parafoudres** disposés à l'origine de l'installation ou coordonnés entre eux.
- L'interposition de transformateurs peut également minimiser leur influence.
- Tenue des matériels

Leur tenue est caractérisée par des essais à l'onde de choc normalisée 1,2/50  $\mu\text{s}$  à une valeur assignée désignée par Uimp.

#### I.1.3 Analyse des causes et effets des différentes perturbations :

Nous ne parlerons pas ici des dangers de l'électricité en cas de contact avec un être vivant mais des dangers intrinsèques à l'utilisation de cette énergie. Ces dangers viennent de perturbations qui vont modifier la nature du courant électrique (souvent sa valeur) et dont les conséquences peuvent être importantes (incendies, destruction de matériel, ...)

Qu'est-ce qu'une perturbation : il s'agit de tout phénomène qui engendre une modification, plus ou moins grande, des valeurs nominales (valeurs « normales ») des grandeurs tension ou courant.

Nature des perturbations	Causes	Effets	Moyens de protections
<b>Surintensités</b> <b>Surcharges temporaires</b>	Mise en service d'un élément inductif (bobine, moteur, transformateur)	Peu de risque	Aucun mais les éléments de protections présents doivent être choisis afin de ne pas couper lors de ce genre de surcharge temporaire -Fusible type gG -Contacteurs avec relais thermiques. -Disjoncteurs.
<b>Surintensités</b> <b>Surcharges prolongées</b>	- Rupture d'une phase d'alimentation d'un moteur. - Moteur en surcharge. - Fonctionnement abusif et simultané de plusieurs appareils électriques.	Échauffement lent et progressif : -vieillessement des isolants, -Destruction des isolants -Incendies.	-Coupure retardée mais devenant rapide si l'amplitude de la surcharge est importante. - Appareils de protection : - disjoncteur avec déclencheur thermique, - relais thermique. - Relais électronique
<b>Les surintensités</b> <b>Les courts circuits</b>	Coupure et mise en contact de câbles d'alimentation, défaut d'isolement.	-Destruction des câbles, voir du matériel. - Incendies. - Risque d'accident corporel par brûlure.	- Coupure instantanée. - Appareils de protection : - disjoncteur avec déclencheur magnétique, - relais magnétique, - fusible.
<b>Surtensions</b>	Augmentation brutale de la tension due : -Des surtensions -Un défaut d'isolement avec une installation de tension plus élevée amorçage dans un transformateur) - à des conditions atmosphériques : coup de foudre. -Des phénomènes de résonnance.	Une surtension peut provoquer le claquage d'isolants et entrainer une surcharge ou un court-circuit et la détérioration des appareils et des canalisations.	-Séparation des circuits de tensions différentes dans la canalisation. -Limiteurs de surtension pour réseau type IT. -Parafoudre. -Contrôleur d'isolement de l'installation. - Coupure instantanée. - Appareils de protection : - relais de surtension, - parafoudre.
<b>Baisses et manques de tension</b>	- Chute de tension trop importante due à un déséquilibre du réseau triphasé. Ou par suite de la coupure d'une phase ou de sa mise à la terre.	Mauvais fonctionnement des récepteurs	-Coupure instantanée. Ou -Si la tension est de 85% de $U_n$ fonctionnement - Appareils de protection : relais à minimum de tension.

On peut donc séparer les surintensités en 2 catégories:

- ✓ **Les surcharges** : courant de 10 fois le courant nominal ( $I_n$ ) tolérées pendant un temps plus ou moins long puis coupure. Le dispositif de coupure sera appelé « thermique ».
- ✓ **Les courts circuits** : courant supérieur à 100 fois le courant nominal ( $I_n$ ) nécessitant une coupure très rapide. Le dispositif de coupure sera appelé « magnétique ».

#### 1.1.4 Classification normalisée de l'appareillages électriques:

Fonction	Définition	Exemple	Remarque
<b>Appareillage de raccordement</b>	Assure la liaison électrique entre deux ou plusieurs systèmes conducteurs	-Borne de raccordement -Prise de courant -Douille de lampe -Sectionneur	Le raccordement peut être permanent : Connexion visée, ou démontable ; contact embrochable
<b>Appareillage de commande</b>	Assure, en service normal, la mise " en " et " hors " circuit de partie d'installation ou d'appareil d'utilisation, à l'exclusion de toute action de réglage	-Interrupteur, Inverseur -Commutateur -Contacteur-Rupteur -Combinateur -Télérupteur	La commande d'un circuit peut être manuelle (interrupteur) ou provoquée par une grandeur physique (contacteur ou télérupteur).
<b>Appareillage de protection</b>	Evite que le matériel électrique soit parcouru par des courants qui lui soient nuisible, ou que le soient à son environnement	-Fusible -Disjoncteur -Discontacteur	Le fusible assure à la fois le contrôle de la grandeur et la coupure du circuit, ce qui n'est pas le cas pour les autres appareils.
<b>Appareillage de réglage</b>	Agit sur les grandeurs électriques afin de les adapter à l'utilisation.	-Rhéostat ; Potentiomètre -Capacité fixe ou variable ; -Alternostat, -Transformateur	Il faut distinguer les appareils de réglage passifs (résistance) des appareils actifs (circuit amplificateur), hacheur, onduleur...
<b>Appareillage de mesure et de contrôle</b>	Permettre d'effectuer les mesures et le contrôle des grandeurs électriques.	- Ampèremètre - Voltmètre ; - Wattmètre ; - Ohmmètre - Fréquencemètre ; - compteur, - Oscilloscope,	De plus en plus, les dispositifs de mesure emploient une technologie électronique

**I.2. LES INTERRUPTEURS :**



**I.2.1. Définition :**

L'interrupteur électrique est un appareil mécanique qui permet d'établir ou d'interrompre le passage de courant dans un circuit électrique (fonctionnement en charge).

Il est utilisé principalement pour donner des ordres au circuit de commande.

Les interrupteurs diffèrent par le nombre de contacts et de pôles qu'ils possèdent.

**I.2.2 L'interrupteur à un seul contact :** c'est l'interrupteur le plus simple, il possède un seul contact dont le changement d'état est fermé ou ouvert.

Le changement d'état peut être effectué au moyen de différents mécanismes tels que les leviers, les basculeurs, les glissières, etc.

**I.2.3 L'inverseur :** ou le va-et-vient, est un interrupteur qui permet de commander un récepteur de deux endroits différents. L'inverseur simple possède trois bornes avec deux positions différentes pour faire passer le courant (interrupteur unipolaire à double-effet).

**I.2.4. Symbole de l'Interrupteur :**

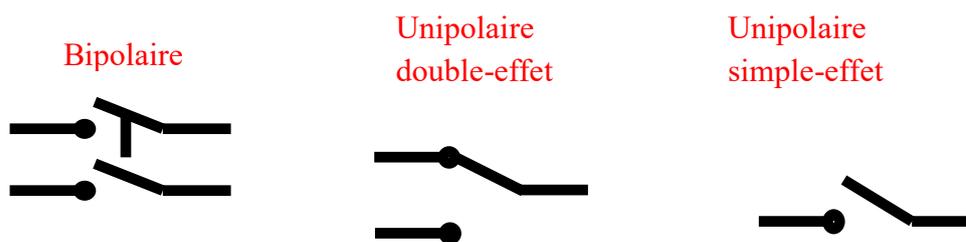
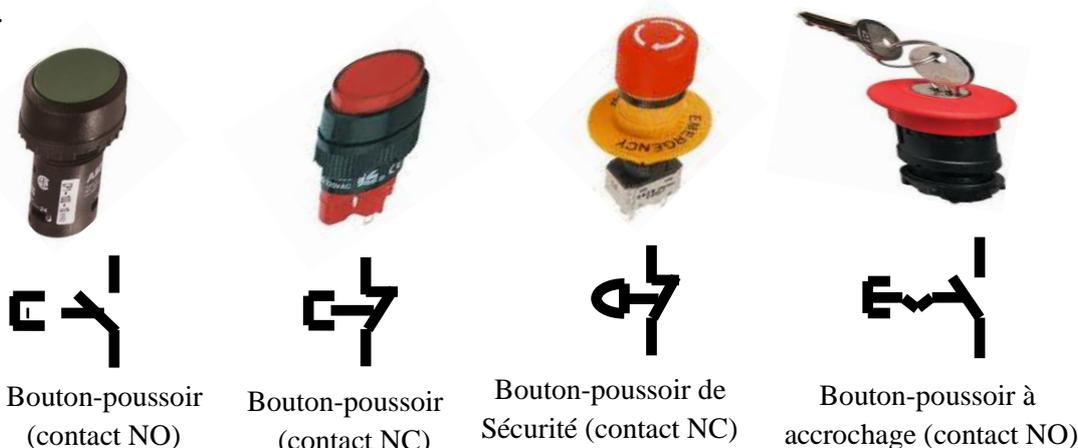


Figure I.1. Différents types d'interrupteurs

**I.2.5. Le bouton-poussoir :** c'est le type d'interrupteurs le plus utilisé dans les circuits de commande. Il est muni d'un ressort de rappel qui lui permet de revenir systématiquement à l'état initial une fois relâché. On peut trouver des bouton-poussoirs à contacts normalement ouverts (NO), normalement fermés (NC) ou une combinaison des deux.



Bouton-poussoir (contact NO)    Bouton-poussoir (contact NC)    Bouton-poussoir de Sécurité (contact NC)    Bouton-poussoir à accrochage (contact NO)

Figure I.2. Différents types de boutons poussoirs

### I.2.6. Interrupteur différentiel :

C'est un interrupteur qui permet d'établir et de couper un circuit électrique en charge en offrant de plus la fonction de protection différentielle.

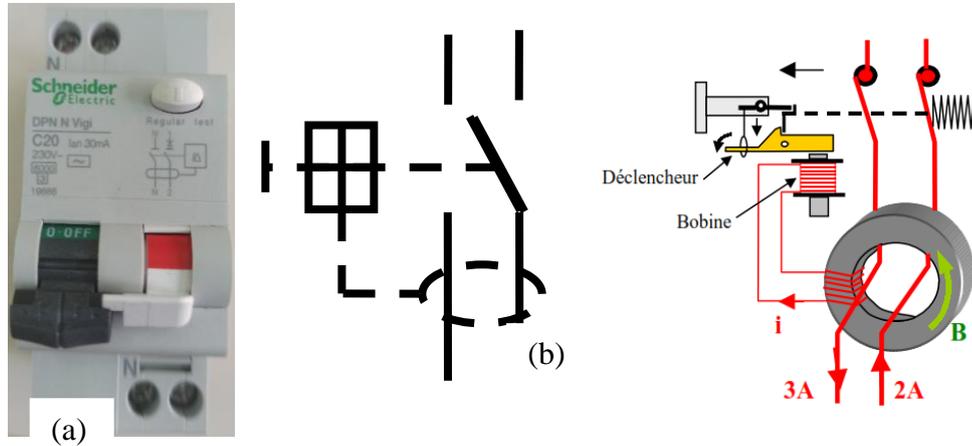


Figure I.3: Interrupteur différentiel: Image (a), Symbole (b)

La différence entre le courant aller et le courant retour donne naissance à un champ magnétique dans le tore. Cette variation de champ induit une f.e.m. dans le bobinage placé sur le tore. Cette f.e.m. est appliquée à la bobine de déclenchement qui fait ouvrir l'interrupteur.

Le fonctionnement de l'interrupteur différentiel s'apparente à un disjoncteur différentiel dépourvu de relais magnétothermiques.

L'interrupteur différentiel est un interrupteur muni d'un déclencheur et d'un dispositif de mesure du courant différentiel résiduel.

Cette fonction permet de protéger les personnes contre les défauts d'isolement qui induisent des fuites de courants (courants résiduels) vers la terre.

Il existe deux types principaux d'interrupteurs différentiels ; le type AC qui permet de détecter les fuites de courant alternatif, et le type A qui détecte les fuites de courant alternatif et les fuites de courant continu.

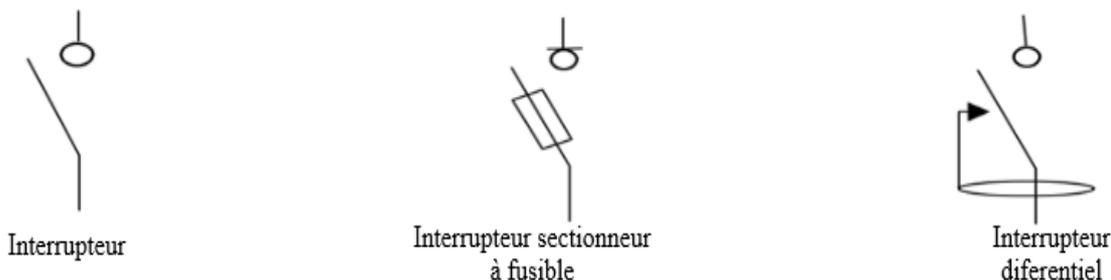
### I.2.7. Interrupteur sectionneur :

C'est un appareil qui garantit la séparation, il peut ou non être équipés de dispositifs de condamnation en position d'ouverture (voir sectionneur).

### I.2.8. Interrupteurs fusibles :

C'est un interrupteur équipé de dispositifs déclencheurs que l'on peut associer à certains relais.

### I.2.9. Symboles des interrupteurs :



### I.2.10. Caractéristiques des interrupteurs :

**I.2.10.1. leurs pouvoirs de fermeture/coupure** qui leur permettent de fonctionner en charge, dans les conditions normales, sans risques de détérioration ni de danger pour l'entourage. Cette caractéristique est donnée par :

- **la tension d'emploi** : c'est la tension maximale pour laquelle l'interrupteur peut être utilisé sans risques d'endommagement.
- **le courant d'emploi** : c'est l'intensité de courant maximale que peut supporter l'interrupteur. Cette intensité dépend de la tension d'emploi.

#### I.2.10.2. le nombre de pôle avec ou sans dispositif de condamnation.

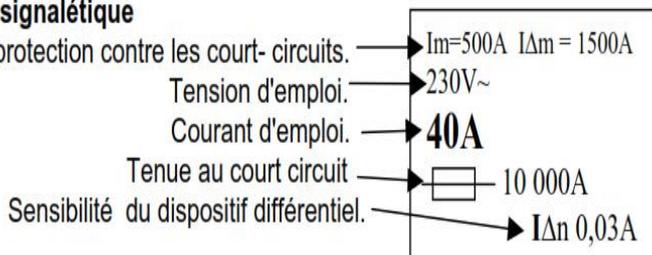
#### I.2.10.3. tenue électrodynamique.

#### I.2.10.4. catégorie d'emploi.

Catégories d'emploi. **AC**: courant alternatif, **DC** : courant continu.

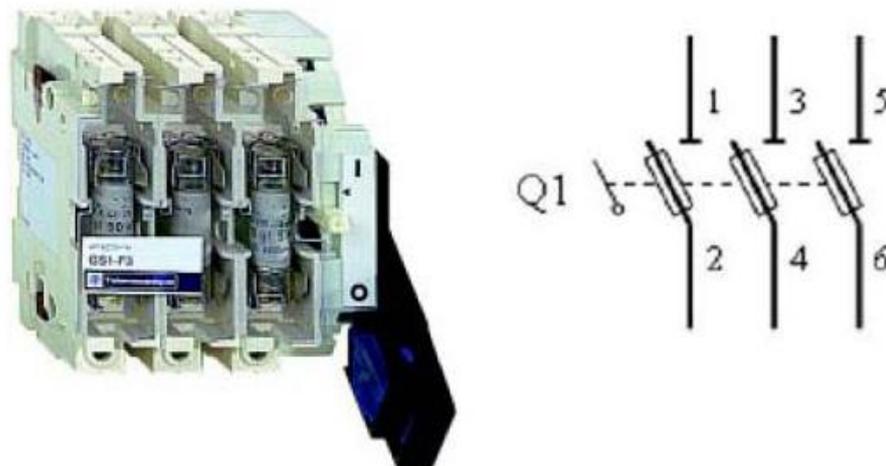
<b>AC21</b> : charges résistives $\cos \varphi = 0,95$ .	<b>DC21</b> : charges résistives.
<b>AC22</b> : charges mixtes $\cos \varphi = 0,65$ .	<b>DC22</b> : charges inductives $L/R = 2,5 \text{ ms}$ .
<b>AC23</b> : charges fortement inductive ( ex : moteurs) $\cos \varphi = 0,35$	<b>DC23</b> : charges fortement inductive $L/R = 15 \text{ ms}$ .

#### Exemple de plaque signalétique



### I.3. SECTIONNEMENT ELECTRIQUE :

La fonction sectionnement est destinée à assurer la mise hors tension de toute ou partie d'une installation électrique en séparant l'installation ou une partie de l'installation, de toute source d'énergie électrique, pour des raisons de sécurité.



### I.3.1. Le 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. Le sectionneur est le premier appareil à fermer et le dernier à ouvrir. Dans la majorité des cas, les sectionneurs sont munis de fusibles et on parle alors de coupe-circuit sectionneur ou sectionneur porte fusibles. Le **pouvoir de coupure (pdc)** du sectionneur est **nul**.

#### I.3.1.1 Définition:

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon mécanique un circuit électrique et son alimentation.

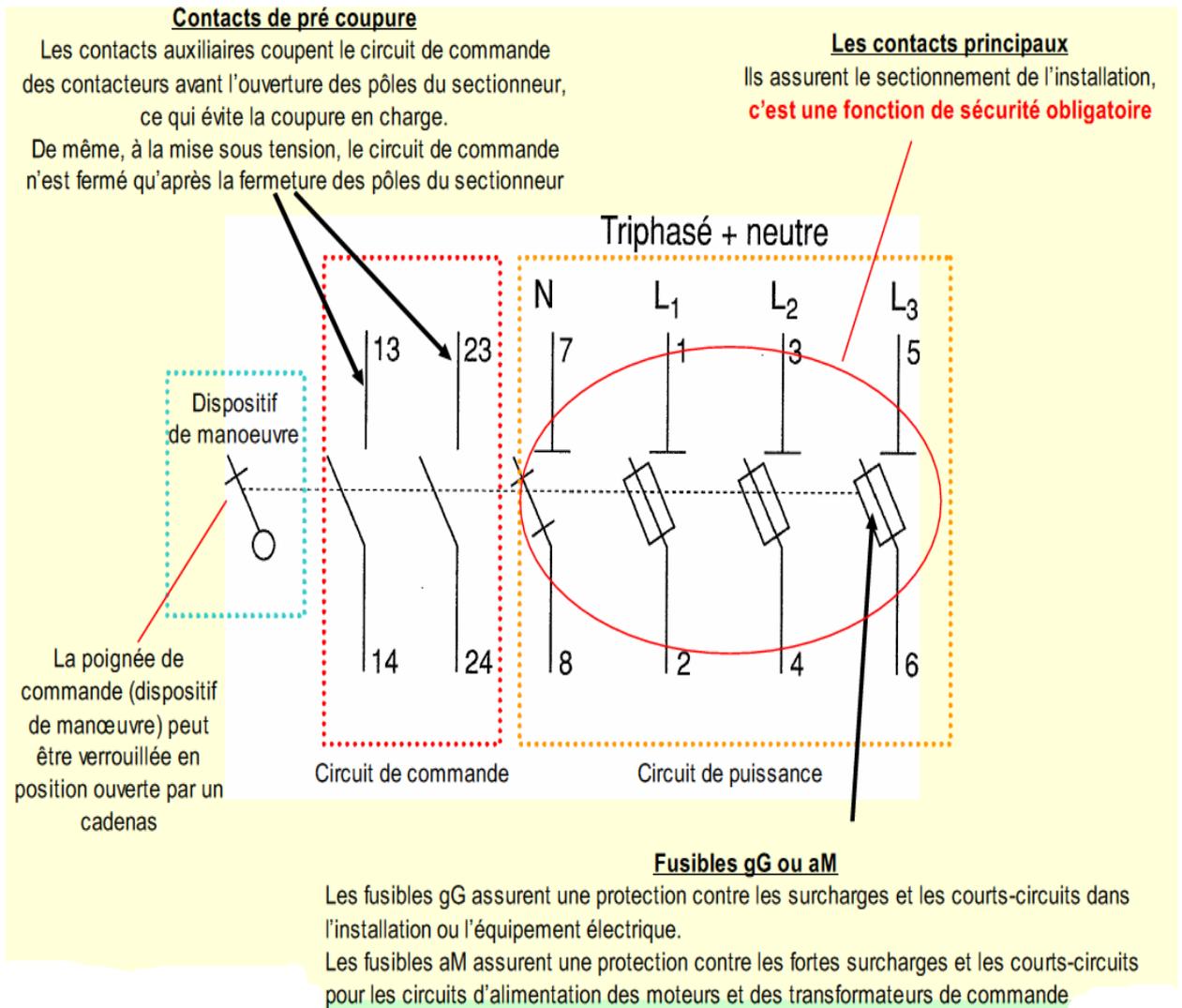
- Fonction: séparation entre la partie amont sous tension et la partie aval d'un circuit.
- Réalisation: sectionnement du circuit à vide par coupure de tous les conducteurs de phase et du conducteur de neutre s'il existe (mais pas du conducteur de protection PE).

C'est un appareil qui permet d'effectuer la mise hors tension d'une installation en séparant la partie installation de toute source d'énergie. Il n'a pas de pouvoir de coupure, il ne peut donc être manœuvré en charge. Il a pour but d'isoler une partie du circuit pour en permettre la visite et l'entretien en toute sécurité.

La coupure doit être visible, soit directement par observation de la séparation des contacts, soit par un indicateur de position si les contacts ne sont pas visibles.

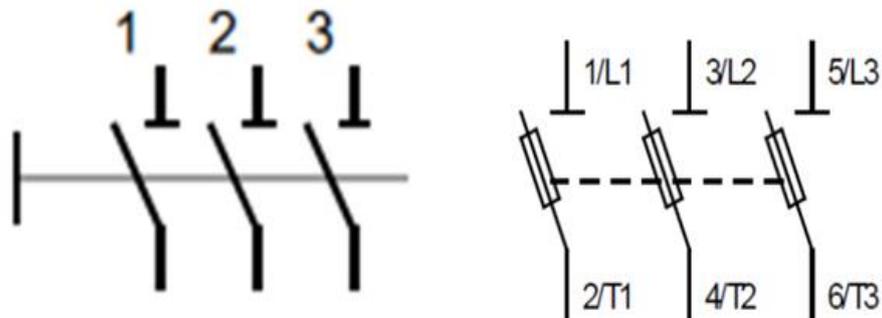
Le sectionneur peut être verrouillé par un cadenas en position ouverte. C'est une sécurité lorsque des personnes travaillent sur un circuit, en aval du sectionneur.

### I.3.1.2 Rôle des différents organes :



### I.3.1.3 Sectionneur porte-fusible :

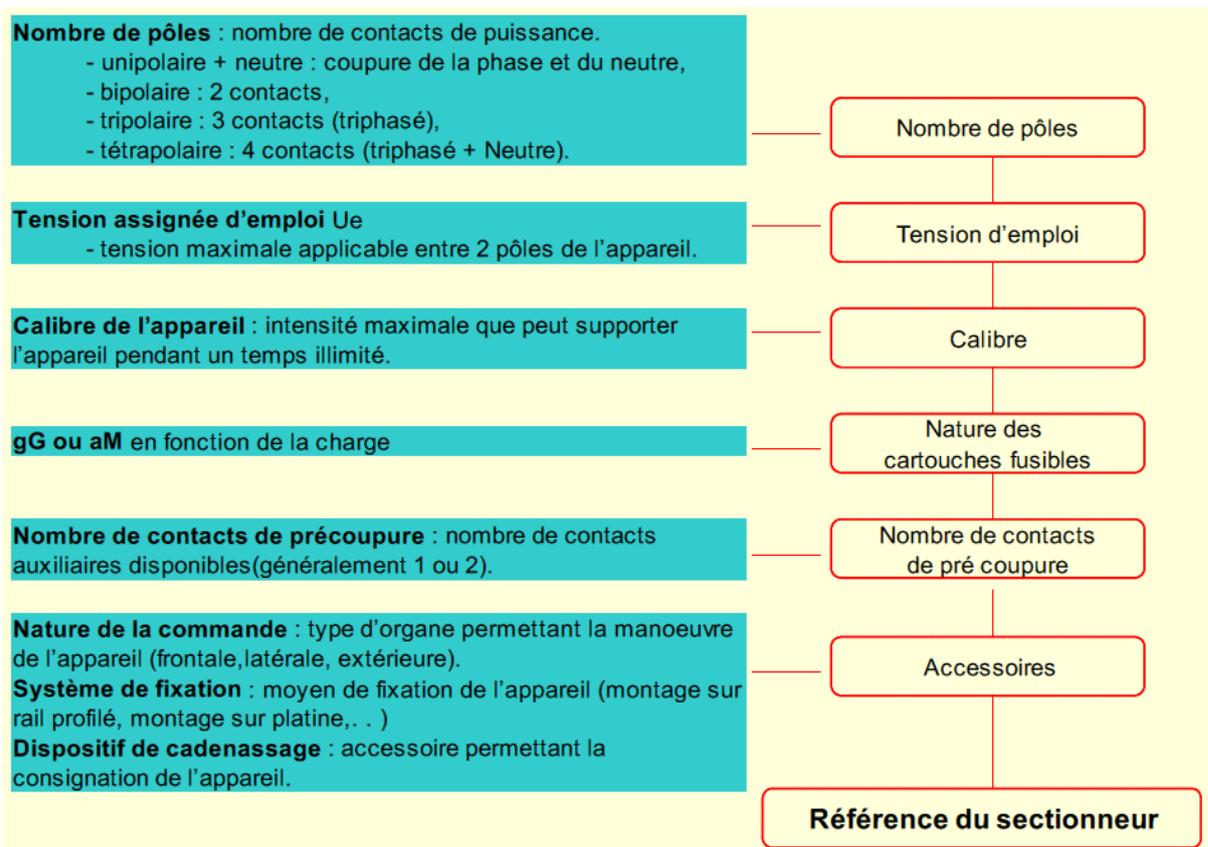
- Fonction : séparation et protection
- Réalisation : adjonction de fusibles sur les pôles du sectionneur (conducteurs de phase, mais non du neutre).



Sectionneur tripolaire à commande Manuelle (symbole générale)

Sectionneurs tripolaire porte-fusible

### I.3.1.4 Choix d'un sectionneur :



### I.3.2 Interrupteur sectionneur :

Pour bien comprendre le terme « interrupteur sectionneur » il faut revenir aux fondamentaux avec la définition du **sectionnement en électricité**. Sectionner un circuit électrique c'est le séparer de son alimentation de façon mécanique.

L'objectif ?

Pouvoir travailler sur le circuit électrique en question tout en étant hors tension. Le travail peut ainsi se faire en toute sécurité en évitant les dangers liés au courant électrique (électrisation, électrocution): on parle de séparation du circuit électrique.

Cette séparation se fait le plus souvent dans un tableau ou une armoire électrique.

La **différence entre un interrupteur sectionneur et un interrupteur**, c'est que la séparation ne peut pas se faire en charge: pour être plus clair, le sectionneur ne doit pas être activé lorsque le courant passe à travers ce sectionneur au risque de créer un arc électrique.

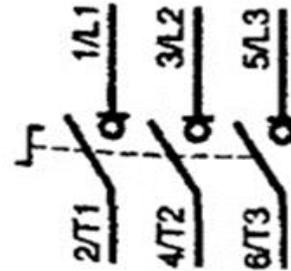
L'**interrupteur sectionneur** réalise la fonction sectionnement et permet la fermeture et la coupure manuelle d'un circuit en charge.

#### I.3.2.1 Définition de l'interrupteur sectionneur:

L'interrupteur sectionneur c'est la combinaison entre un interrupteur et un sectionneur : il possède les deux capacités: séparation d'un circuit avec capacité de le manoeuvrer en charge.



Interrupteur sectionneur tripolaire



Symbole

**I.3.2.2 Choix d'un interrupteur sectionneur :**

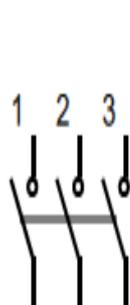
Le premier critère de sélection de l'interrupteur sectionneur. Celui-ci doit être dimensionné en fonction du nombre de pôles électriques qui doivent être connectés (monophasé, triphasé, ou tétrapolaire):

- Unipolaire: Pour la coupure d'un seul pôle.
- Monophasé: Pour une installation avec deux pôles (phase / neutre).
- Triphasé: Pour une installation avec trois pôles (trois phases).
- Tétrapolaire: Pour une installation avec quatre pôles (trois phases et un neutre).

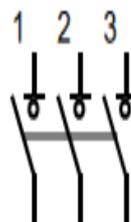
**I.3.2.3 Intensité nominale de l'interrupteur sectionneur:**

Pour choisir le calibre de l'inter-sectionneur, ou intensité nominale, il faut se référer à l'intensité distribuée en amont de l'interrupteur sectionneur. Le calibre assigné de l'interrupteur sectionneur doit être égale au minimum au courant nominal du disjoncteur installé avant l'interrupteur sectionneur.

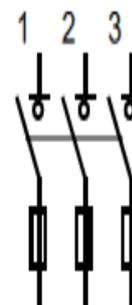
**I.3.2.4 Symbole de l'interrupteur et de l'interrupteur sectionneur :**



Interrupteur tripolaire



Interrupteur-sectionneur tripolaire



Interrupteur-sectionneur tripolaire à fusible

**I.4. Les contacteurs**

**I.4.1 Définition :**

Le contacteur est un appareil qui commande électromagnétiquement l'ouverture et la fermeture d'un circuit en charge. Les contacts sont fermés ou ouverts à l'aide d'une bobine appelée **Bobine de commande**, si cette bobine est alimentée ou **excitée** les contacts principaux sont fermés et si la bobine est non alimentée ou **déexcitée** les contacts principaux sont ouverts.

Le contacteur est un appareil qui présente l'avantage de simplifier la commande des circuits d'une manière appréciable. Il présente par ailleurs les avantages suivants:

- Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service.
- L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance.
- Un contacteur peut être actionné à partir des éléments du circuit de commande (Bouton poussoir, Capteur, Etc...)

Suivant le modèle, il possède aussi des contacts auxiliaires intégrés ouverts ou fermés, il est possible d'ajouter des additifs ou blocs auxiliaires servant uniquement pour la télécommande ou la signalisation.

#### **I.4.2 Constitution d'un contacteur:**

Un contacteur est constitué :

- de la bobine de commande (élément moteur)
- des pôles ou contacts principaux (instantanés), pouvant supporter des courants élevés.
- des contacts auxiliaires instantanés ou temporisés, ne pouvant supporter que des courants faibles. Les contacts principaux sont ouverts au repos et fermés en marche. Les contacts auxiliaires peuvent être ouverts ou fermés au repos ou en marche.
- D'un ressort de rappel.
- De 2 à 4 contacts de puissance ou pôles (unipolaires, bipolaires, tripolaires, tétrapolaires).
- D'un circuit magnétique constitué d'un aimant fixe et d'un aimant mobile (armature fixe et mobile).
- D'une bague de déphasage qui stabilise les vibrations des bobines alimentées en courant alternatif.

L'alimentation de la bobine peut être faite en courant alternatif ou en courant continu, la seule différence se situe au niveau de l'électro-aimant. En alternatif, le circuit magnétique est feuilleté pour réduire les pertes par courants de Foucault. En continu, le circuit magnétique est en acier massif. la force d'attraction électromagnétique est importante, mais il est possible de diminuer le courant dans la bobine en insérant une résistance.

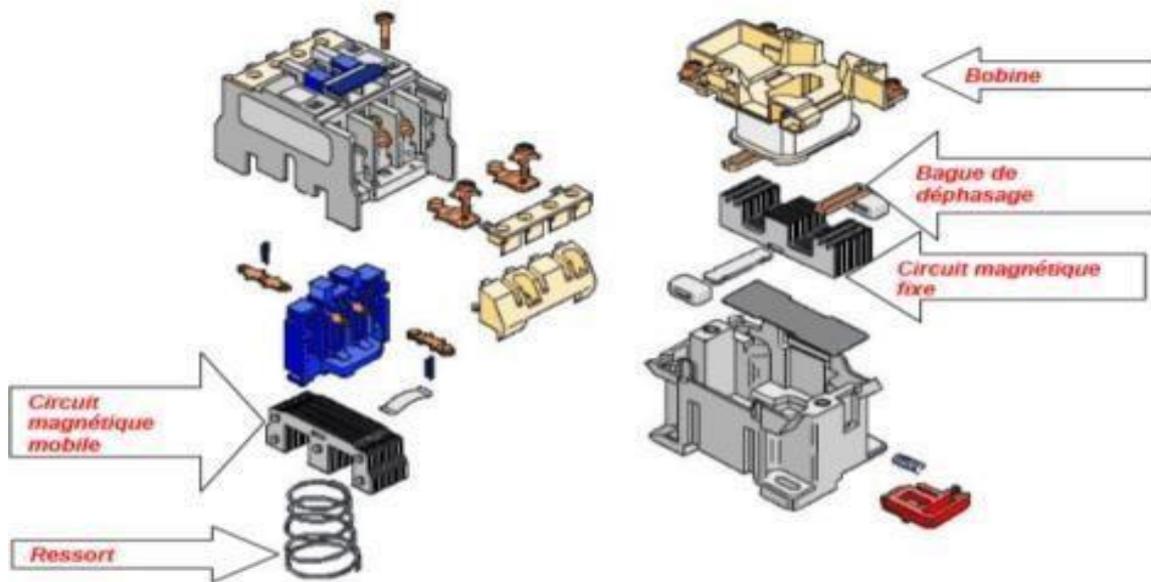


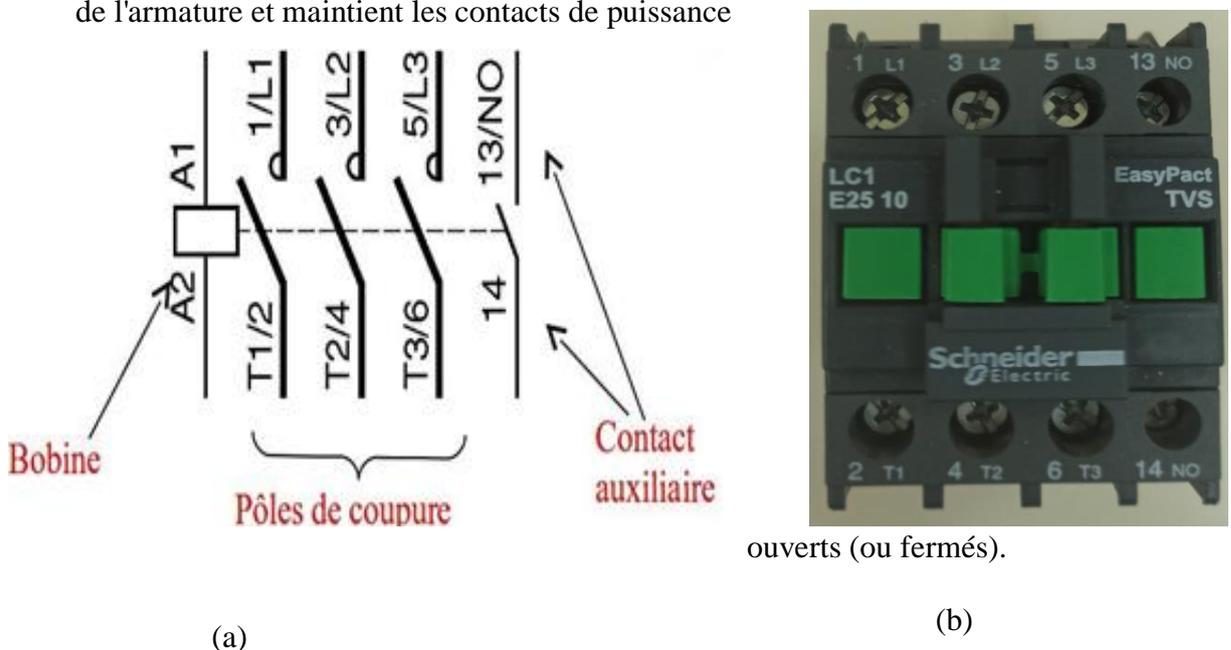
Figure I.4. Constitution d'un contacteur

**I.4.3 Fonctionnement d'un contacteur :**

La bobine du contacteur (bornes A1-A2), peut-être alimentée en courant alternatif ou en courant continu (24V,48V,110V,220V,380V).

Lorsque la bobine est alimentée, un champ magnétique se forme, la partie mobile de l'armature est attirée contre la partie fixe et les contacts se ferment (ou s'ouvrent suivant le modèle).

Lorsque la bobine n'est pas alimentée, le ressort de rappel sépare les deux parties de l'armature et maintient les contacts de puissance



ouverts (ou fermés).

Figure I.5. Schéma d'un contacteur (a) symbole et (b) image

**I.4.4 Contacteur auxiliaire :**

**I.4.4.1 Bloc de contacts auxiliaires :**

Le bloc de contact auxiliaire est un appareil mécanique de connexion qui s’adapte sur les contacteurs. Il permet d’ajouter de 2 à 4 contacts supplémentaires au contacteur. Les contacts sont prévus pour être utilisés dans la partie commande des circuits. Ils ont la même désignation et repérage dans les schémas que le contacteur sur lequel ils sont installés. On peut lui ajouter des blocs de contacts auxiliaires temporisés ou non. Il est repéré dans les schémas par KA, (KA1, KAA...) aussi bien pour la bobine et les contacts.



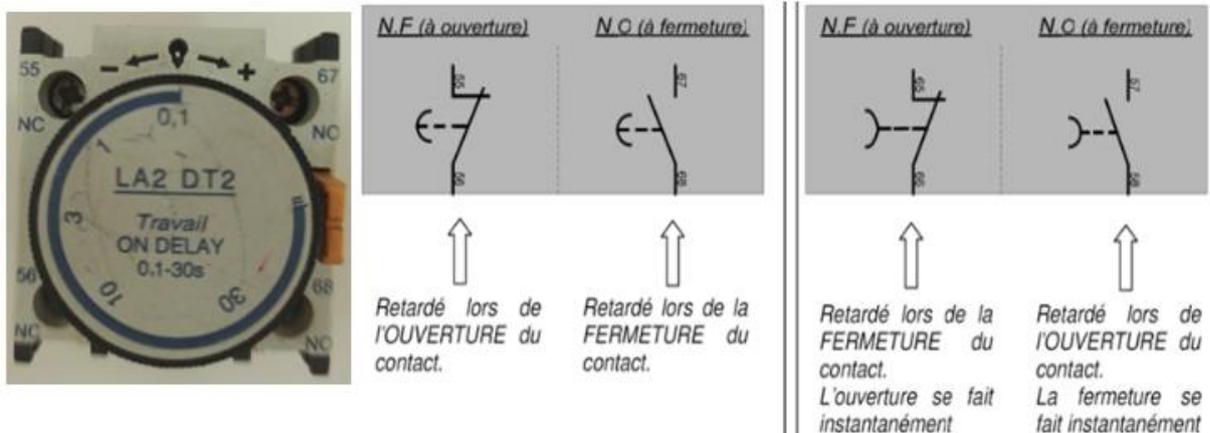
Contacteur auxiliaire  
2 contacts et 4 contacts

Symbole

Figure I.6. Schéma d'un contacteur auxiliaire

**I.4.4.2 Bloc auxiliaire temporisé :**

Les blocs de contacts auxiliaires temporisés sont utilisés pour réaliser des fonctions d’automatismes. Ils sont frontaux et ils se fixent sur les contacteurs et les relais. Ils peuvent être temporisés à l’ouverture ou à la fermeture du contacteur. Ils possèdent deux contacts, un normalement fermé et un normalement ouvert, les contacts peuvent être à chevauchement pour des montages spéciaux.



Bloc auxiliaire temporisé

Symbole

Figure I.7. Schéma d'un contacteur

### I.4.5 Principaux critères de choix d'un contacteur :

Le choix d'un contacteur est fonction de la nature et de la valeur de la tension du réseau, de la puissance installée, des caractéristiques de la charge, des exigences du service désiré.

- **Tension nominale d'emploi**  $U_e$  : c'est la tension d'utilisation du contacteur.
- **Courant nominal d'emploi**  $I_e$  : c'est le courant d'utilisation du contacteur.
- **Courant nominal thermique**  $I_{th}$  : c'est la valeur du courant servant de base aux conditions d'échauffement du circuit principal. Le contacteur doit être capable de supporter  $I_{th}$  de façon permanente, les contacts principaux étant fermés, sans que l'échauffement des différentes parties ne dépasse les limites fixées.

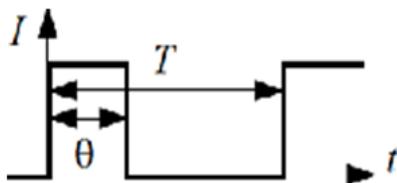
- **Pouvoir de coupure** : c'est la valeur efficace du courant maximal que le contacteur peut couper, sans usure exagérée des contacts, ni émission excessive de flammes. Le pouvoir de coupure dépend de la tension du réseau. Plus cette tension est faible, plus le pouvoir de coupure est grand.

- **Pouvoir de fermeture** : c'est la valeur efficace du courant maximal que le contacteur peut établir, sans soudure des contacts.

- **Robustesse mécanique** : c'est le nombre de cycles de manœuvres (fermeture + ouverture), à vide (sans courant dans les pôles), susceptible d'être effectué par le contacteur, sans aucun entretien.

- **Durée de vie d'un contacteur** : Lorsque le contacteur est employé sous tension et courant nominal, la grandeur qui donne sa durée de vie est la durée de vie électrique. A l'aide d'abaques constructeur, et connaissant le courant d'emploi de la charge, on est capable d'estimer la durée de vie en millions de cycles de manœuvre.

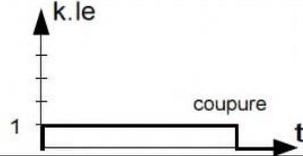
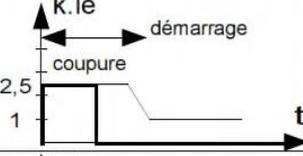
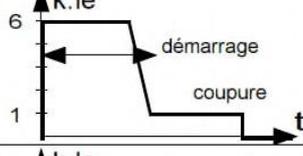
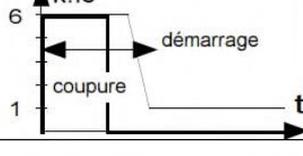
- **Facteur de marche** : c'est le rapport entre la durée de passage du courant et la durée d'un cycle de manœuvre. C'est -à-dire : rapport  $m$  entre la durée  $q$  de passage du courant pendant un cycle de manœuvre et la durée  $T$  de ce cycle ( $m \approx$  rapport cyclique).



$$m_{\%} = \frac{\theta}{T}$$

- **Catégories d'emploi**: la catégorie d'emploi tient compte de la valeur des courants à établir et à couper lors des manœuvres en charge. Il y a 10 catégories d'emploi, 5 en courant continu et 5 en courant alternatif. Le courant alternatif est plus facile à couper du fait qu'il s'annule spontanément 100 fois par seconde.

**I.4.6 Différents catégorie de contacteurs :**

Catégorie	Description	Fermeture / Ouverture	Exemples	
Alt. AC1	tout récepteur tel que : $\cos \phi \geq 0,95$		Chauffage, éclairage, distribution	
AC2	Commutation en régime sévère des moteurs asynchrones à bagues		Coupure en cours de démarrage, inversion rapide de marche, marche par à-coups, freinage en contre-courant	
AC3	Commutation des moteurs asynchrones à cage dont la coupure s'effectue moteur lancé		Tous moteurs à cage courants: pompe, compresseur, malaxeur, climatiseur, bande transporteuse, élévateur	
AC4	Commutation en régime sévère des moteurs asynchrones à cage		Coupure en cours de démarrage, inversion rapide de marche, marche par à-coups, freinage en contre-courant	
Cont .	DC1	tout récepteur tel que : $\tau = L/R \geq 1 \text{ ms}$	comme AC1	Charges résistives ou peu inductives
	DC3	Commutation en régime sévère des moteurs shunt $\tau = L/R \leq 2 \text{ ms}$	comme AC2	Démarrage, inversion rapide, marche par à-coups, freinage en contre-courant
	DC5	Commutation en régime sévère des moteurs série $\tau = L/R \leq 7,5 \text{ ms}$	comme AC2	Démarrage, inversion rapide, marche par à-coups, freinage en contre-courant

**I.4.6.1 Catégorie d'emploi :**

Les catégories d'emploi normalisées fixent les valeurs de courant que le contacteur doit établir et couper. Elles dépendent :

- De la nature du récepteur.
- Des conditions dans lesquelles s'effectuent les fermetures et les ouvertures.

	Catégorie	Récepteur	Fonctionnement
Alternatif	AC - 1	Four à résistances	Charges non inductives ou faiblement inductives.
	AC - 2	Moteur à bagues	Démarrage, inversion de marche.
	AC - 3	Moteur à cage	Démarrage, coupure du moteur lancé.
	AC - 4	Moteur à cage	Démarrage, inversion, marche par à-coups.
Continu	DC - 1	Résistance	Charges non inductives.
	DC - 2	Moteur dérivation	Démarrage, coupure.
	DC - 3	Moteur dérivation	Démarrage, inversion, à-coups.
	DC - 4	Moteur série	Démarrage, coupure.
	DC - 5	Moteur série	Démarrage, inversion, à-coups.

**I.4.7 Dispositif de condamnation mécanique :**

Cet appareillage interdit mécaniquement l'enclenchement simultané de deux contacteur juxtaposés. Il est parfois équipé de contacts permettant de réaliser la sécurité électrique lors de la commande d'inversion de rotation par exemple.

**I.4.7.1 Verrouillage électrique**

Il empêche l'alimentation simultanée des bobines de deux contacteurs qui ne doivent pas être enclenchés en même temps.

**I.4.7.2 Verrouillage mécanique**

Les contacteurs sont liés mécaniquement et ne peuvent s'enclencher simultanément. Ce dispositif est plus sûr que le précédent. On trouve souvent les deux dispositifs associés afin de garantir une sécurité maximale.

**Exemple :** inverseur de sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé. La fermeture simultanée des deux contacteurs provoquerait un court-circuit entre phases.

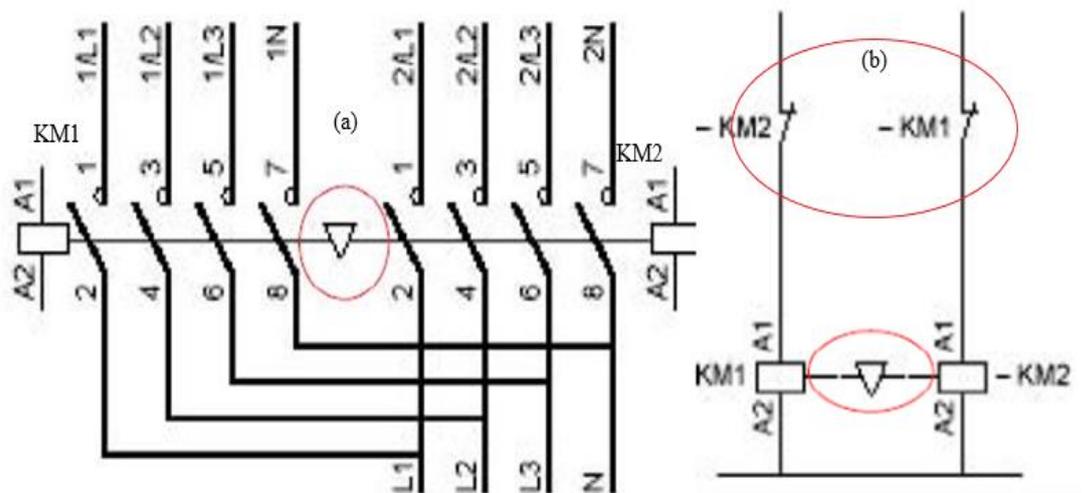


Figure I.8 Dispositif de verrouillage mécanique (a), électrique (b)

## I.5. FUSIBLE :

### I.5.1 Définition :

Un fusible est un appareil qui, par la fusion d'un ou plusieurs de ses éléments conçus et calibrés à cet effet, ouvre le circuit dans lequel il est installé en interrompant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée.

### I.5.2 Rôle :

Les fusibles assurent une protection phase par phase avec un pouvoir de coupure important sous un petit volume. C'est un organe de sécurité dont le rôle est **d'interrompre le courant** électrique dans le circuit électrique qu'il protège en cas de défaut, son nom vient du fait qu'il **fonctionne par fusion d'un filament**.

### I.5.3 Constitution et principe de fonctionnement d'un fusible:

Les fusibles sont des organes de protection qui coupent le circuit principal (de puissance) par la fusion d'un ou de plusieurs conducteurs. il existe deux périodes distinctes:

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

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

Un fusible est constitué d'un fil fusible placé dans une enveloppe de porcelaine le tout étant rempli de silice. Les extrémités du fil sont reliées à deux culots cylindriques en cuivre étamé ou argenté pour des intensités inférieures à 125A.

Pour les intensités supérieures à 125A les culots sont des parallélépipèdes en forme de couteau (surface de contact plus grande).

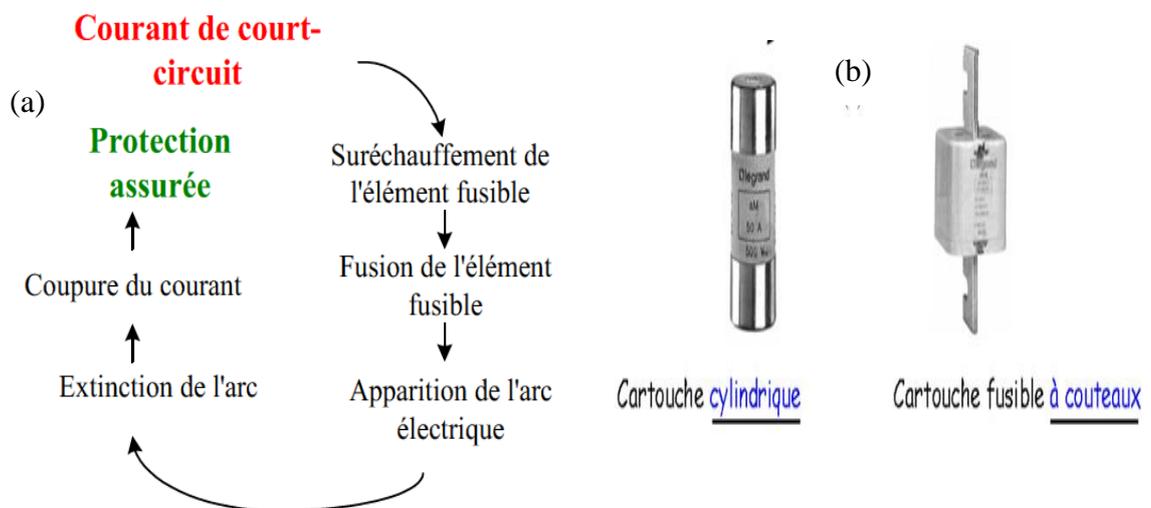


Figure I.9. Principe de fonctionnement (a) et forme de fusibles (b)

### I.5.3.1 Symbole d'un fusible :

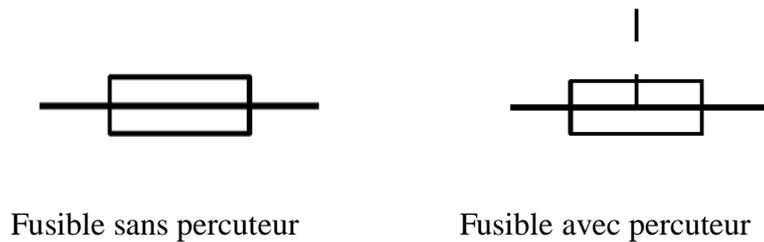


Figure I.10. Symbole d'un fusible

### I.5.4 Différents éléments d'un fusible :

Les cartouches cylindriques sont les plus utilisées. Elles sont constituées d'éléments suivants :

- **Percuteur - Voyant de fusion**

Le percuteur, comme le voyant signalent la fusion de la cartouche fusible qu'il faut alors remplacer. Le percuteur est de plus capable d'actionner un contact pour obtenir un compte rendu électrique.

- **Ressort du voyant de fusion**

Le ressort du voyant de fusion permet l'éjection du percuteur de son logement après fusion.

- **Embout supérieur et embout inférieur**

Les embouts sont en cuivre étamé et servent d'organe de connexion lors de l'insertion de la cartouche dans le circuit à protéger. Ils sont détériorés par l'arc électrique qui provoque leur fusion en raison de la forte chaleur qui l'accompagne, notamment lors de l'ouverture en charge du coupe-circuit.

- **Élément fusible calibré**

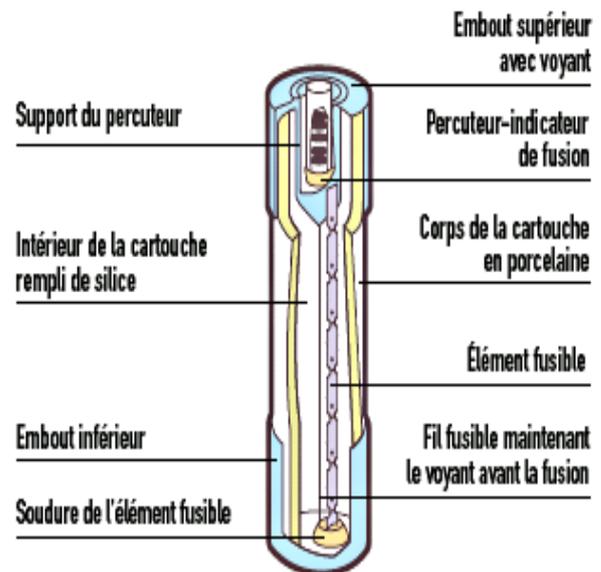
C'est le cœur de la cartouche fusible. Il est constitué d'un fil en alliage spécial ou, le plus souvent, d'une mince bande de cuivre étamée et perforée en certains endroits. Les diamètres des trous, plus ou moins gros, permettent de jouer sur la section résultante et de déterminer ainsi la résistance de l'élément fusible. C'est ce qui détermine le calibre du fusible.

- **Fil fusible de percuteur**

C'est lui qui retient le percuteur en place. C'est en fondant de concert avec l'élément principal qu'il libère le percuteur.

- **Corps**

Le corps du fusible est en verre pour les petits fusibles (diamètre 5mm) et en porcelaine pour les gros. Il isole les deux embouts l'un de l'autre. Il est caractérisé par son diamètre et par sa longueur.



### - Poudre de silice

Lorsque le fusible se fond, il se produit un arc électrique qui maintient le courant alors que le circuit est ouvert. La poudre de silice étouffe l'arc et, sous l'effet de la chaleur, se transforme en verre, à l'endroit de l'arc, garantissant ainsi la coupure. C'est cela qui confère à la cartouche son pouvoir de coupure de plusieurs milliers d'Ampères.

### - Connexion

C'est la soudure assurant la connexion de l'élément fusible sur l'embout.

## I.5.5 Différents types de cartouches fusibles :

Il existe plusieurs types de cartouches dans le commerce dont les plus répandus sont :

### I.5.5.1 Cartouches type distribution Classe gG (gL)

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

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

Les fusibles types gL, gG (usage général) pour protéger contre les surcharges et les court-circuits. Les **inscriptions** sont écrites en **noir**. Le courant de fonctionnement minimal  $I_f$  est définie par :

- 2.1  $I_n$  pour  $I_n \leq 4$  A
- $I_n$  pour  $4 < I_n < 16$  A
- 1.6  $I_n$  pour  $I_n \geq 16$  A

### ■ Courbes de fusion

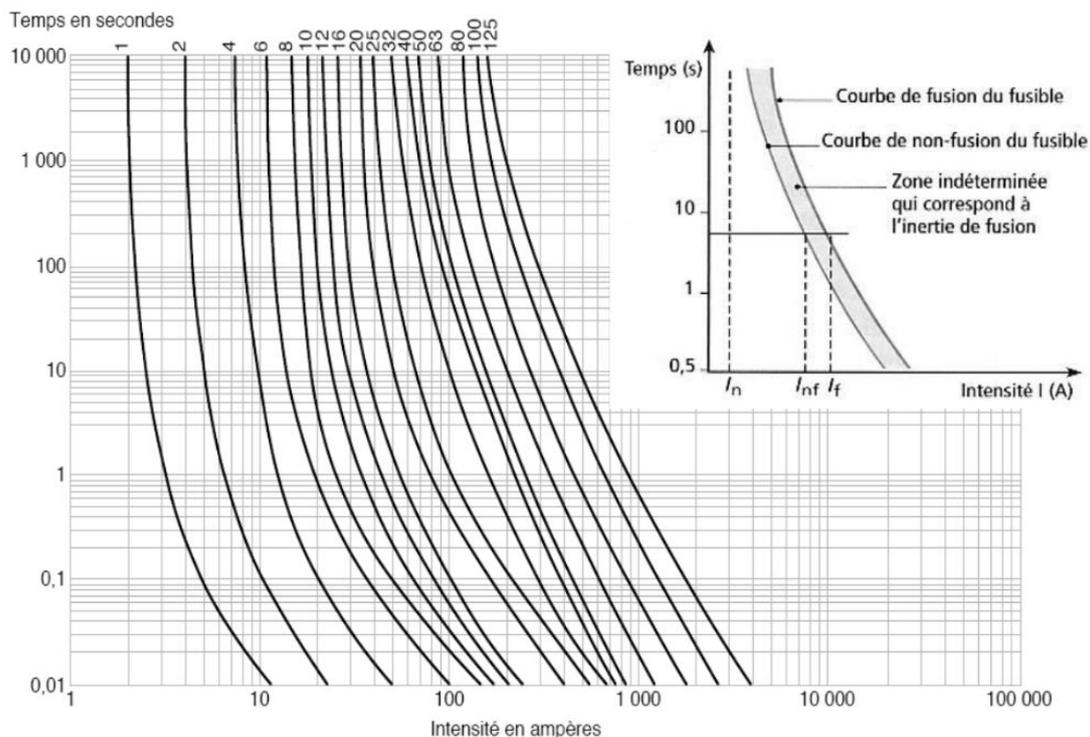


Figure I.11. Courbes caractéristiques de fusibles cylindriques de classe gG

### I.5.5.2 Cartouches type moteur Classe aM (accompagnement Moteur) :

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

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

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

Ce fusible est capable d'intégrer les surintensités du courant magnétisant à la mise sous tension du moteur. De ce fait, ils ne sont pas adaptés à la protection contre les surcharges.

Il est donc nécessaire dans le cas de la protection moteur d'utiliser un relais de surcharge dans le circuit d'alimentation du moteur.

Les fusibles type aM (accompagnement Moteur) qui protègent uniquement contre les courts-circuits et sont utilisés en présence d'un relais thermique. Les **inscriptions** sont écrites **en vert**. Le courant de fonctionnement minimal  $I_f$  est définie par :

- $5.2 I_n$  pour  $I_n < 4 \text{ A}$
- $I_n$  pour  $4 = I_n < 16 \text{ A}$
- $4 I_n$  pour  $I_n = 16 \text{ A}$

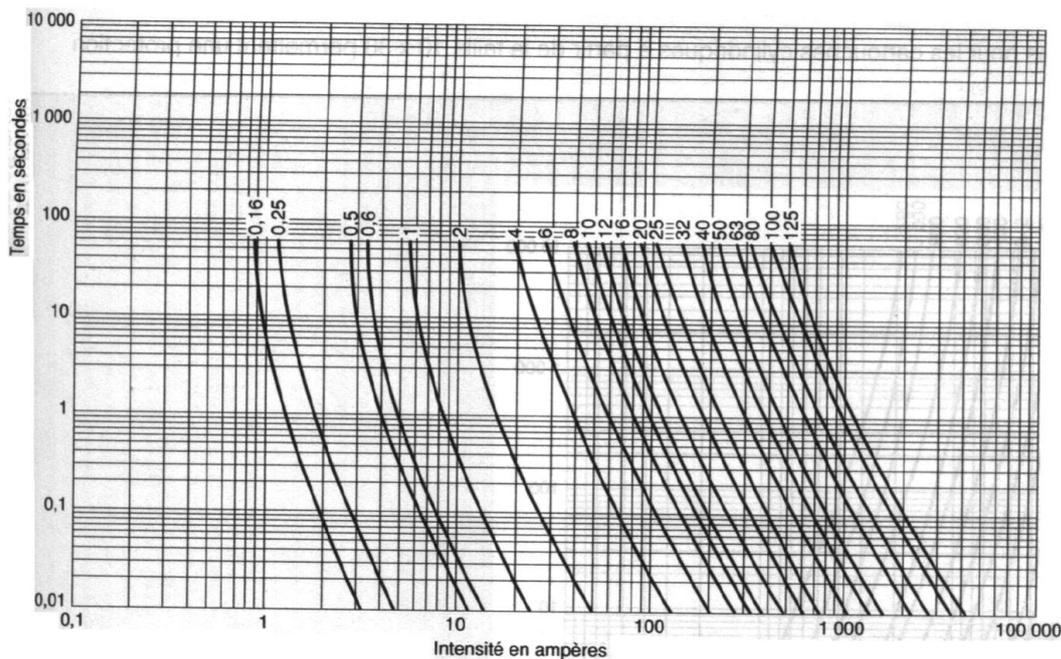


Figure I.12. Courbes caractéristiques des fusibles aM (constructeur LEGRAND)

### I.5.5.3 Cartouche AD (Accompagnement Disjoncteur)

Les fusibles AD sont des fusibles dits « accompagnement disjoncteur », ce type de fusibles est utilisé par les distributeurs sur la partie de branchement. Les **inscriptions** sont de couleur **rouge**.

### I.5.5.4 Fusibles uR (ultra-Rapide)

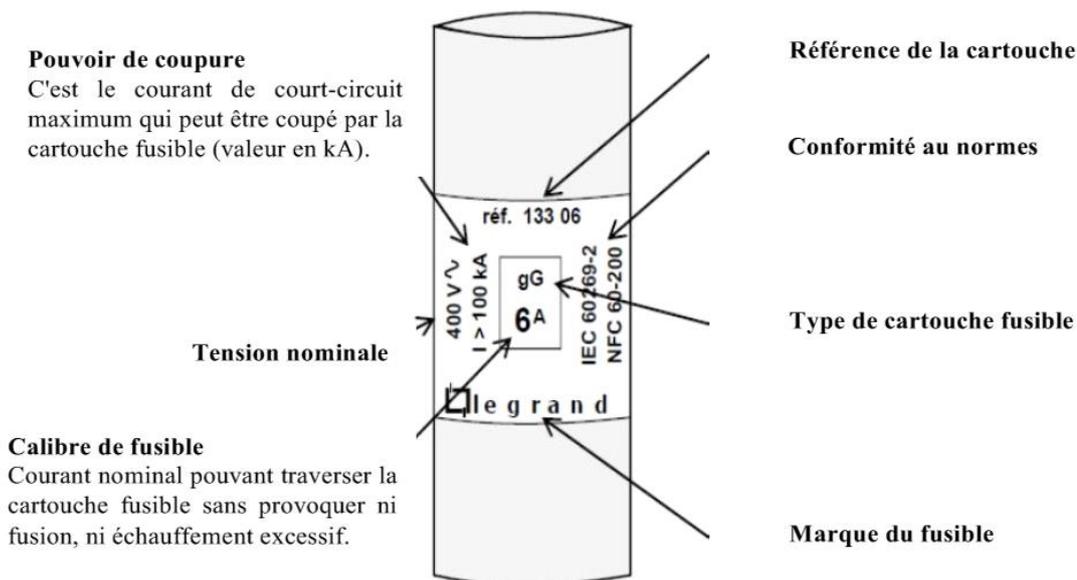
Ils assurent une protection très efficace contre les effets des court-circuits.

Ces fusibles ultra-rapides assurent la protection des semi-conducteurs de puissance par un temps de fusion fusible très inférieure aux fusibles aM ou gG. Il est nécessaire de connaître la caractéristique  $I^2t$  des semi-conducteurs de puissance à protéger et faire en sorte que l' $I^2t$  du fusible **uR** soit  $< I^2t$  du semi-conducteur.

### I.5.6 Caractéristiques principales d'un fusible :

#### ✓ Courant nominal ou calibre d'une cartouche fusible $I_n$ :

Le calibre du fusible est le courant qui peut le traverser en permanence sans provoquer sa fusion ni son échauffement anormal :



#### ✓ Tension nominale d'une cartouche fusible $U_n$ :

C'est la tension maximale pour laquelle le fusible peut être utilisé (250V, 400V, 500V ou 600V). Il existe des fusibles pour la haute tension.

#### ✓ Courant de fusion $I_f$

C'est la valeur spécifiée du courant qui provoque la fusion de la cartouche avant la fin du temps conventionnel.

#### ✓ Courant de non fusion $I_{nf}$

C'est la valeur du courant qui peut être supporté par le fusible pendant un temps conventionnel sans fondre.

#### ✓ Pouvoir de coupure d'une cartouche fusible

C'est le courant maximal qu'un fusible peut couper sans que la tension de rétablissement ne provoque un réamorçage de l'arc. Les fusibles possèdent de très hauts pouvoirs de coupure (de 80 à 170 kA).

#### ✓ Contraintes thermiques d'une cartouche fusible ( $I^2t$ )

On appelle contrainte thermique (notée abusivement  $I^2t$ ), l'intégrale du carré du courant sur un intervalle de temps donné. Cette grandeur caractérise l'énergie pouvant être dissipée dans un élément fusible lors de sa fusion et dépend de la tension assignée, elle est

exprimée en  $A^2 s$ .

C'est l'énergie par unité de résistance nécessaire à la fusion du fusible. Cette contrainte thermique doit être inférieure à celle de l'installation à protéger.

On la représente sous forme de diagrammes qui ont l'allure ci-dessous :

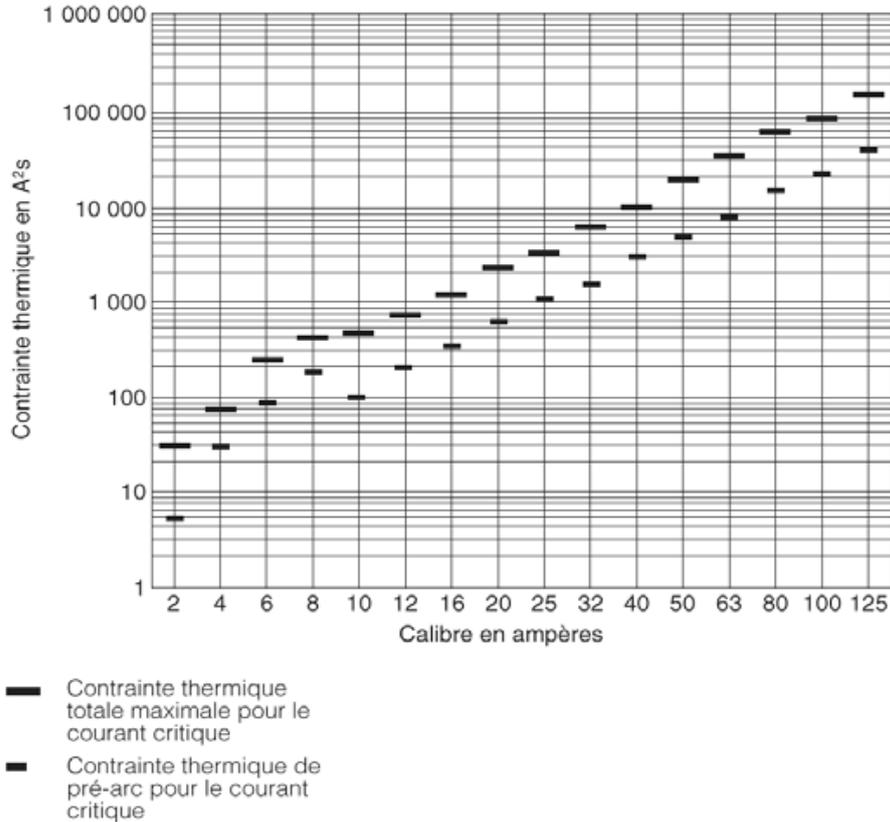


Figure I.13. Diagrammes de la contrainte thermique ( $\int I^2 dt$ ) en 500V~, sauf 125A en 400V~

### I.5.7 Choix d'un fusible

Pour choisir un fusible, il faut connaître les caractéristiques du circuit à protéger :

- circuit de distribution, fusibles gG;
- circuit d'utilisation moteur, fusible aM.

Une protection par fusible peut s'appliquer à un départ (ligne) ou à un récepteur.

Le choix du fusible s'effectue sur les points suivants :

- La classe : gG ou aM.
- Le calibre  $I_n$
- La tension d'emploi  $U$  (inférieure ou égale à nominale  $U_n$ )
- Le pouvoir de coupure  $P_{dc}$
- La forme du fusible (cylindrique ou à couteaux)
- La taille du fusible

Par ailleurs, il faut vérifier que la contrainte thermique du fusible est bien inférieure à celle de la ligne à protéger:  $I^2 t$  du fusible  $<$   $I^2 t$  de la ligne.

### I.5.8 Avantages et inconvénients d'un fusible :

#### Avantages :

- Coût peu élevé ;
- Facilité d'installation ;
- Pas d'entretien ;
- Très haut pouvoir de coupure ;
- Très bonne fiabilité ;
- Possibilité de coupure très rapide.

#### Inconvénients :

- Nécessite un remplacement après fonctionnement ;
- Pas de réglage possible ;
- Déséquilibre en cas de fusion d'un seul fusible sur une installation triphasée ;
- Surtension lors de la coupure.

## I.6. DISJONCTEURS

### I.6.1 Définition :

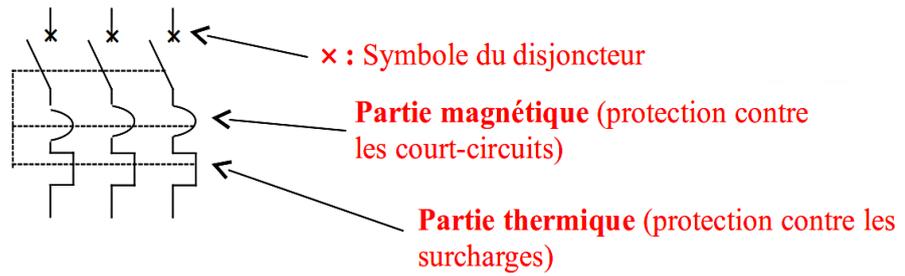
Un disjoncteur est un dispositif électromécanique, voire électronique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable, c'est-à-dire qu'il peut être réenclenché une fois le circuit coupé.

### I.6.2 Les différents types de disjoncteurs

Il existe plusieurs types de disjoncteur:

- **Les disjoncteurs magnétiques**, qui assure la protection contre les court-circuits,
- **Les disjoncteurs thermiques**, qui assure la protection contre les surcharges,
- **Les disjoncteurs magnétothermiques**, qui assure la protection contre les court-circuits ainsi que les surcharges,
- **Les interrupteurs et les disjoncteurs magnétothermiques différentiels**, qui assure la protection contre les court-circuits, les surcharges et la protection des personnes contre les contacts indirects.
- **Les disjoncteurs électroniques**, qui réalisent les fonctions des déclencheurs thermiques et ou magnétiques, tout en disposant d'une large plage de réglage (du niveau de déclenchement, du délai de déclenchement),
- **Les disjoncteurs divisionnaires**, qui assure la protection des biens et des circuits monophasés des installations électriques. Son rôle consiste surtout à couper le courant dès qu'il détecte une surcharge supérieure à celle qui a été définie sur son ampérage. Il est facile de reconnaître ce type de disjoncteur grâce à la petite manette qui s'abaisse et qui permet de mettre en cause le circuit concerné. Pour rétablir le courant, il suffit de remonter la manette ;

**I.6.3 Symbole d'un disjoncteur :**



**I.6.4 Constitution générale d'un disjoncteur :**

Un disjoncteur est l'association d'un ensemble de contacts, avec un grand pouvoir de coupure et d'un système de protection contre les surcharges et les court-circuits.

Le croquis ci dessous montre les constituants interne d'un disjoncteur.

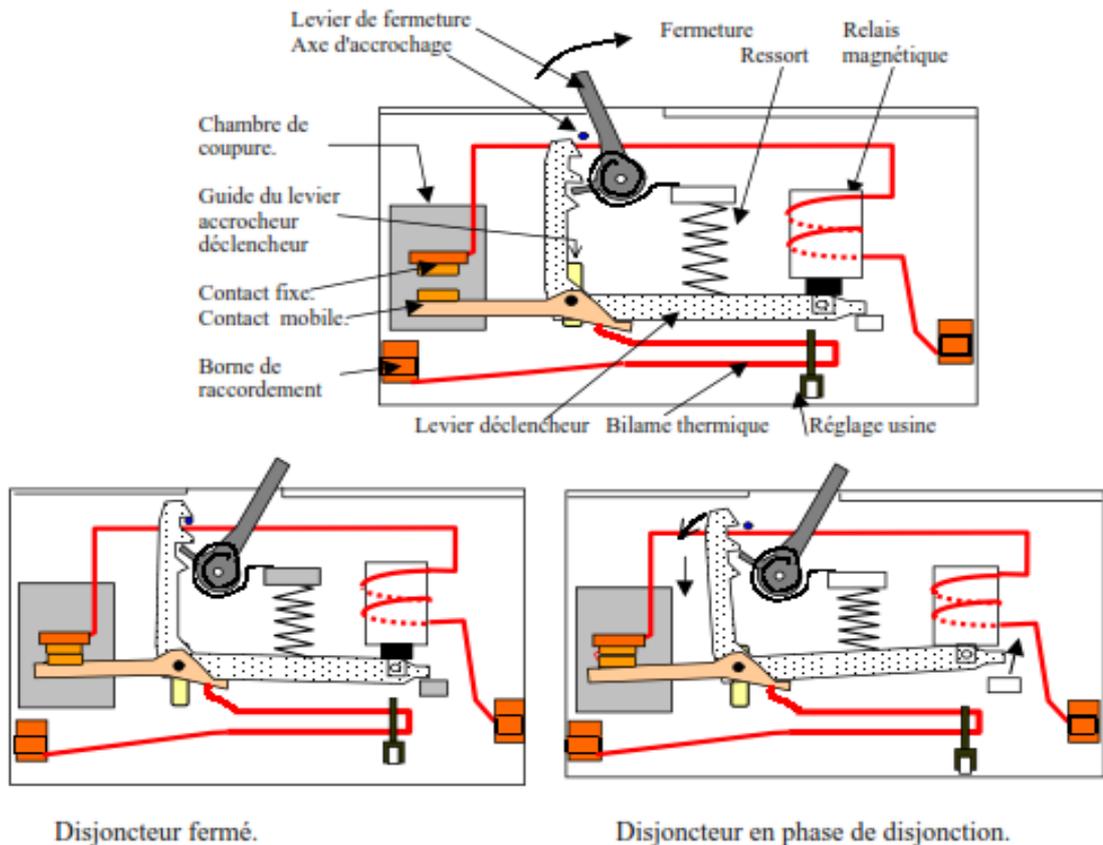


Figure.I.14. Disjoncteur (Décodage face avant)

### I.6.5 Caractéristiques principales d'un disjoncteur:

- **Tension nominale  $U_e$ :** c'est la tension maximale d'utilisation de disjoncteur
- **Courant nominal  $I_e$ :** la valeur maximale du courant permanent que peut supporter le disjoncteur.
- **Nombre de déclencheur:** Deux types de déclencheur peuvent être utilisés:
  - Déclencheur magnétique
  - Déclencheur thermique
- **Courant de réglage  $I_r$ :** c'est valeur maximal que peut supporter le disjoncteur, sans déclenchement.
- **Pouvoir de coupure  $pdc$ :** c'est la plus grande intensité de courant de court-circuit qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée. Il s'exprime en kA efficace.
- **Courbes de déclenchement:** C'est l'identité du disjoncteur. Elle sert à choisir le type de sélectivité.

1 : Marque

2: Variante du disjoncteur (nom du produit)

3: Courbe de déclenchement

4: Calibre du disjoncteur (courant assigné d'emploi  $I_e$ )

5: Tension assignée de tenue aux chocs  $U_{imp}$

6: Pouvoir de coupure  $I_{cu}$  suivant la norme IEC60947-2

7 : Tension assignée d'emploi  $U_e$

8: Symbole électrique (disjoncteur magnétothermique 4 pôles)

9 : Référence commerciale

10 : Norme CEI

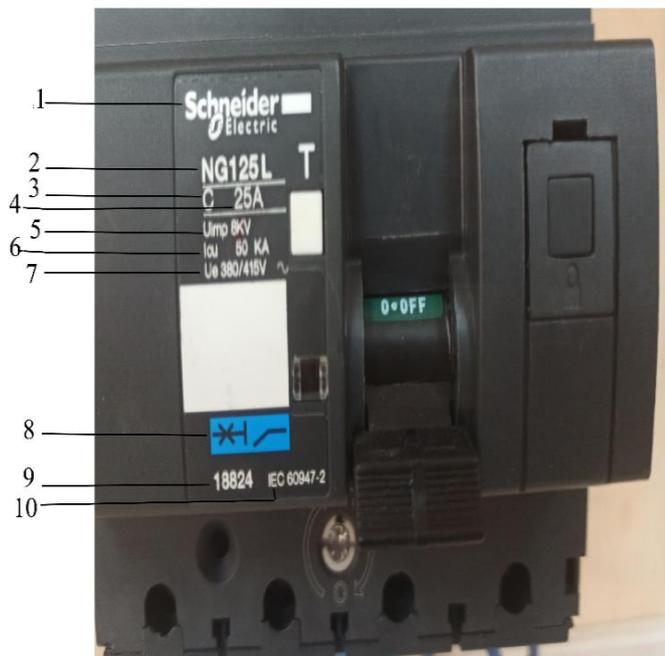


Figure.I.15. Disjoncteur (caractéristiques)

### I.6.6 Courbes de déclenchement :

Le déclencheur permet l'ouverture des pôles du disjoncteur lors d'un défaut (court-circuit, surcharge). Il est de nature magnétothermique ou électronique.

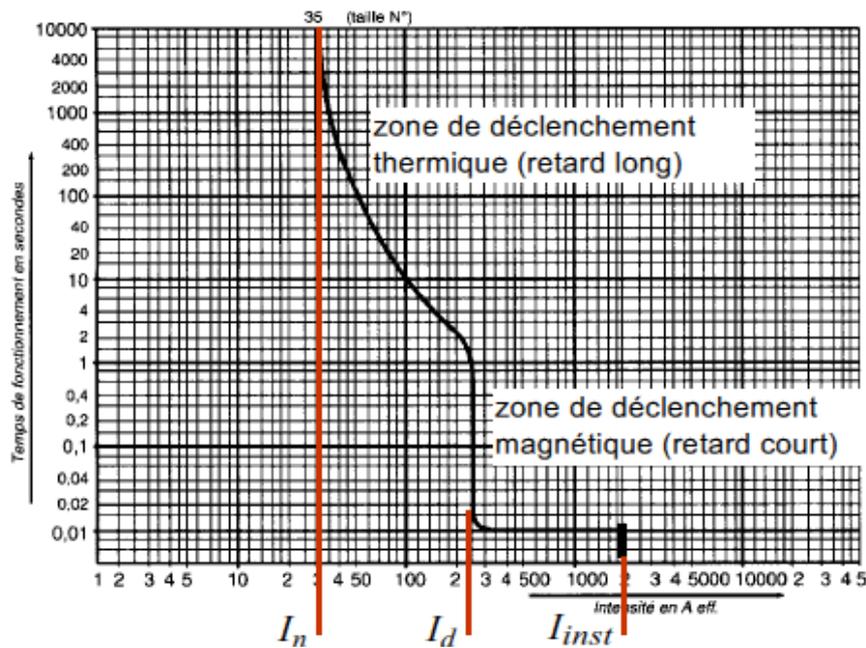


Figure I.16. Courbe de déclenchement

#### Caractéristiques de la courbe de déclenchement thermique :

- Calibre  $I_n$  : courant nominal ou courant assigné d'emploi
- Courant de réglage  $I_r$  : réglage du déclenchement thermique :  
typiquement,  $0,1I_n \leq I_r \leq I_n$
- Courant de déclenchement magnétique  $I_d$ . En général,  $I_d \geq 10 \text{ à } 20 I_n$
- Courant de déclenchement instantané  $I_{inst}$  : n'existe que sur les disjoncteurs électroniques. Il correspond à une coupure immédiate en cas de fort court-circuit.

Cette courbe complète de déclenchement du disjoncteur. Elle indique que si on se trouve à droite et/ou au-dessus de la courbe, on aura déclenchement.

Les contacts d'un disjoncteur peuvent servir d'interrupteur, ils sont capables de supporter des surintensités et des surtensions. Il est muni d'un système de déclencheur qui provoque son ouverture automatique.

Ce dispositif est commandé par deux déclencheur :

- ✓ un déclencheur thermique
- ✓ un déclencheur magnétique.

Le déclencheur magnétique a un pouvoir de coupure capable d'interrompre des courants de court-circuit. Il existe une liaison mécanique entre chaque déclencheur et le système provoquant l'ouverture des contacts.

#### I.6.6.1 Courbes de déclenchement normalisés:

Pour les disjoncteurs modulaires ou les relais sans réglage ont créé des courbes de déclenchement normalisées qui permettent de choisir un disjoncteur en fonction du récepteur à alimenter (résistive, inductive).

♦ Selon le domaine d'application du disjoncteur, il existe différentes courbes de déclenchement. Parmi les plus employées, nous retiendrons la courbe B, la courbe C, la courbe D, la courbe Z et la courbe MA.

Type de courbe du disjoncteur : le type de courbe va dépendre du récepteur protégé (du courant d'appel à la mise sous tension) et il définit les bornes de coupure de la partie magnétique du disjoncteur.

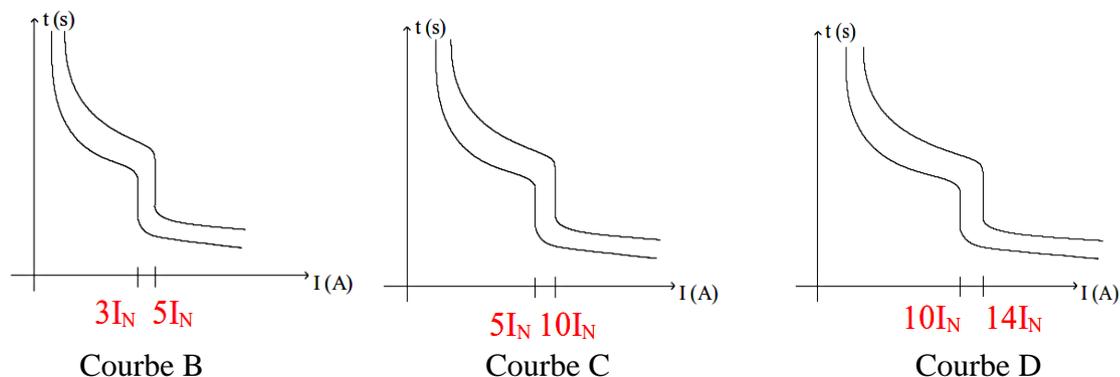


Figure I.17. Courbes de déclenchement

Par exemple, pour un disjoncteur 2A de courbe B, la zone de coupure magnétique se trouve entre 6A ( $3 \times I_n$ ) et 10A (mais on ne sait pas où exactement). Ce qu'on sait c'est qu'il coupe quand le courant dépasse 10A et qu'il ne coupe pas quand le courant est inférieur à 6A.

#### **Courbe B :**

- Le disjoncteur a un déclenchement magnétique relativement bas (entre 3 et 5 In) permet d'éliminer les court-circuits de très faible valeur,
- Cette courbe est utilisée pour les circuits ayant des longueurs de câbles importants notamment en régime TN.

#### **Courbe C :**

- Ce disjoncteur couvre une très grande majorité des besoins (récepteur inductif), et s'utilise notamment dans les installations domestiques
- Son déclenchement magnétique se situe entre 5 et 10 In.

#### **Courbe D :**

- Cette courbe est utilisée pour la protection des circuits où il existe de très fortes pointes de courant à la mise sous tension (ex moteur).
- Le déclenchement magnétique de ce disjoncteur se situe entre 10 et 20In.

#### **Courbe Z :**

- Protection des appareils électroniques
- Le déclenchement est entre 2.4 et 3.6 In.

#### **Courbe MA :**

- Le déclenchement est uniquement magnétique.
- Le déclenchement est à 12 In.

### I.6.7 Disjoncteur magnétothermique:

C'est un dispositif de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas de surcharge ou de court-circuit, c'est un dispositif magnétothermique.

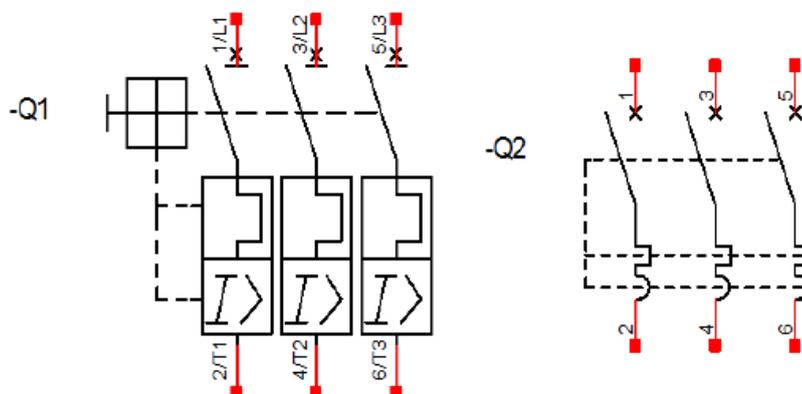


Figure I.18. Symbole du disjoncteur magnétothermique

#### I.6.7.1 Principe de fonctionnement :

Lorsqu'un défaut survient en aval du disjoncteur, les déclencheurs (thermique ou magnétique) provoquent l'ouverture des pôles de puissance afin d'interrompre l'alimentation du circuit en défaut.

##### I.6.7.1.1 Déclencheur thermique :

Chaque phase du moteur est protégée par un bilame (déclencheur thermique) qui en cas de surintensité prolongée chauffe par effet Joule et déclenche un mécanisme qui ouvre les contacts.

Le seuil de déclenchement est réglable directement sur le disjoncteur moteur.

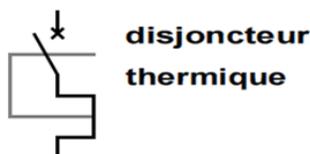


Figure I.19. Symbole du disjoncteur thermique

La partie magnétique du disjoncteur moteur n'est pas réglable; ce sont les courbes de déclenchement qui définissent le seuil de déclenchement qui s'exprime en nombre de fois l'intensité nominale (3 à 15 $I_n$ ).

- ✓ Supposons qu'en l'absence de tout défaut, le moteur absorbe une intensité nominale (figure I.20.a).
- ✓ En cas de défaut (surcharge), qui va entraîner la déformation de la bilame (figure I.120.b).
- ✓ Le bilame, chauffe par effet Joule consécutif à l'augmentation de l'intensité, puis se déforme, ouvrir le circuit et règle ainsi le problème (figure I.20.c). Grace au ressort l'ouverture est brusque ce qui minimise les dégâts dus à l'arc électrique.
- ✓ A partir du moment où le circuit est ouvert, le bilame va refroidir et reprendre sa position d'origine.
- ✓ Des lors que la cause de la surcharge a été identifiée et éliminée, le disjoncteur peut être réarmé

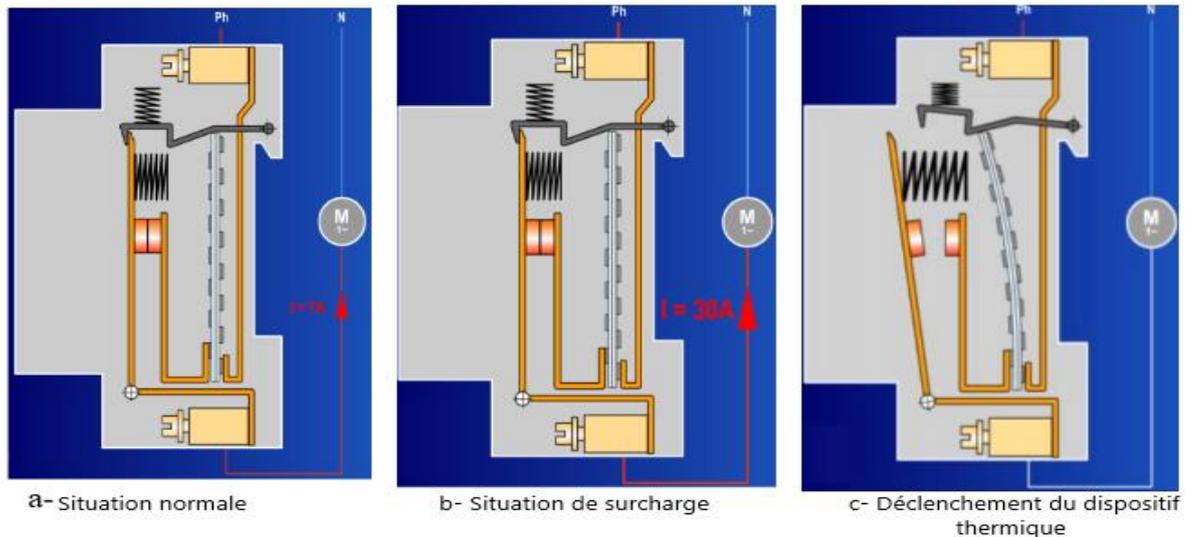


Figure I.20 Mode de fonctionnement du dispositif thermique

*1.6.7.1.2 Déclencheur magnétique:*

Un déclencheur équipé d'un électroaimant protège chaque phase qui en cas de court-circuit coupe le courant électrique.

Ce déclencheur est basé sur la création d'un champ magnétique instantané (0,1sec) qui actionne une partie mobile et commande l'ouverture des contacts.

Le déclencheur magnétique qui a pour but de détecter les courants de court-circuit fonctionne selon le mode suivant :

- ✓ Supposons qu'en l'absence de tout défaut, le moteur ou un autre récepteur, absorbe une intensité nominale de (figure I.20.a).
- ✓ En cas de défaut d'isolement, le fil de phase viendra à toucher le fil de neutre. Nous sommes alors en situation de court-circuit ! (Figure I.20.b).
- ✓ La bobine électromagnétique, sous l'effet de l'élévation de l'intensité du courant va instantanément attirer le levier et provoquer l'ouverture rapide (10 à 20 ms) du disjoncteur (figure I.20.c).
- ✓ Cette réaction s'obtient à partir d'un seuil de courant variant de 3 à 14 fois le calibre selon le disjoncteur : le seuil magnétique  $I_m$ .
- ✓ Une fois le défaut éliminé, on peut réarmer le disjoncteur et remettre l'installation en service.

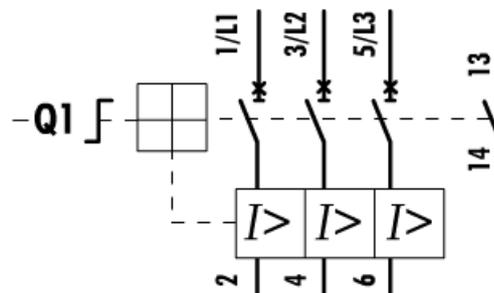


Figure I.21. symbole du disjoncteur magnétique

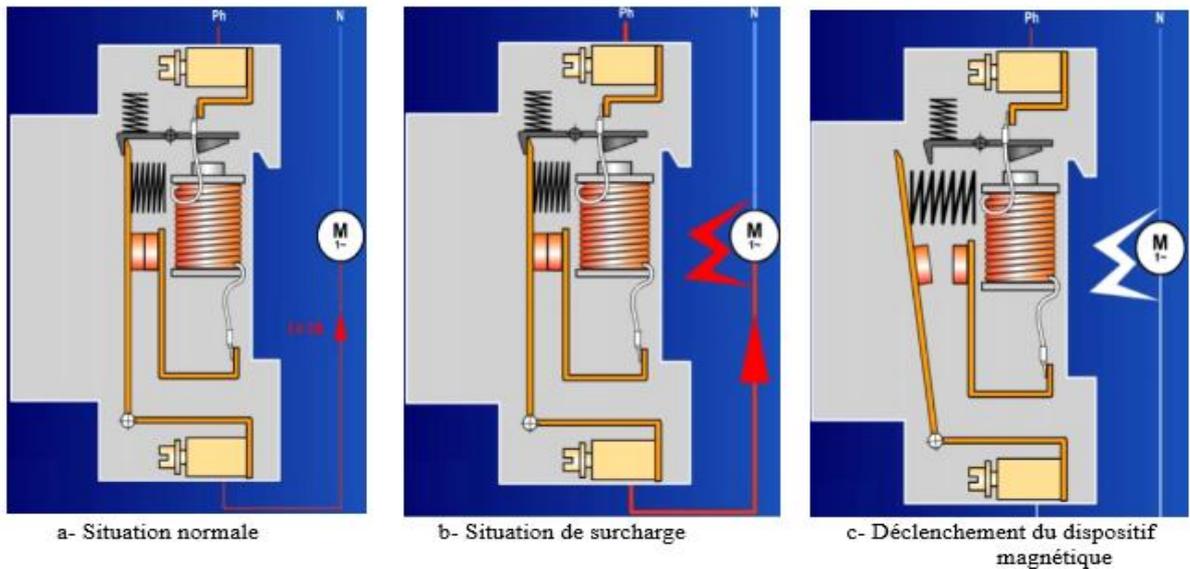


Figure I.22. Mode de fonctionnement du dispositif magnétique

### I.6.8 Disjoncteur différentiel

Un disjoncteur différentiel est un dispositif de sécurité de l'installation qui compare à chaque instant le courant entrant et le courant sortant. Si les deux ne sont pas égaux, cela signifie qu'une partie fuit dans le sol et donc qu'un des appareils électriques est mal isolé et présente donc un danger pour les personnes.

Un circuit principal constitué de deux bobines identiques bobinées en sens inverse  $N_1$ (spires) 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.

Les disjoncteurs différentiels sont utilisés pour détecter les courants de fuite à la terre.

**Sensibilités ( $I_{\Delta n}$ ) :** Elles sont normalisées par la CEI :

- ✓ haute sensibilité -HS- : 6-10-30 mA,
- ✓ moyenne sensibilité -MS- : 100-300 et 500 mA,
- ✓ basse sensibilité -BS- : 1-3-5-10 et 20 A.

Les différentiels de haute sensibilité (30 mA) assurent aussi la protection des personnes contre les contacts directs.

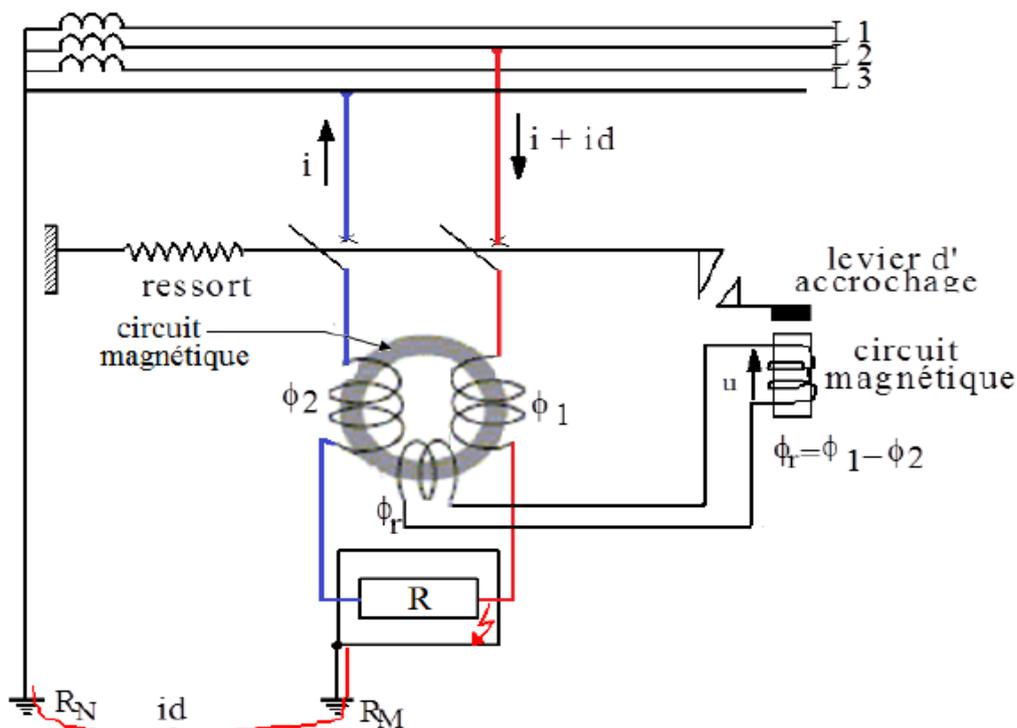


Figure I.23. Mode de fonctionnement du disjoncteur différentiel

Les dispositifs différentiels à haute sensibilité sont équipés d'un bouton de test. Pour vous assurer du fonctionnement correct de l'appareil, manœuvrez le bouton une fois par mois environ.

### I.6.9 Disjoncteurs divisionnaires :

Les disjoncteurs divisionnaires protègent les circuits monophasés contre les surcharges et les court-circuits. Comme les coupe-circuits, on les installe sur le tableau de protection après le disjoncteur de branchement et le dispositif différentiel à haute sensibilité.

### I.6.10 Choix d'un disjoncteur:

Le choix de disjoncteur s'effectue en fonction :

- $I_n$ : courant nominal de fonctionnement (trouvé à partir de  $I_B$  avec  $I_N \geq I_B$ )
- $U_n$ : tension nominale de fonctionnement
- Pouvoir de coupure (doit être supérieur au courant de court-circuit)
- Nombre de pôle de coupure: monophasé, uni, uni + neutre, bipolaire (2 phases), triphasé (tripolaire) ou triphasé + neutre (tétrapolaire)
- Type de courbe de déclenchement du disjoncteur : le type de courbe va dépendre du récepteur protégé (du courant d'appel à la mise sous tension) et il définit les bornes de coupure de la partie magnétique du disjoncteur.

## I.7. RELAIS THERMIQUE :

### I.7.1 Définition :

Ils assurent, par association avec un contacteur, la protection du moteur, de la ligne et de l'appareillage contre les surcharges faibles et prolongées. Ils sont donc conçus pour autoriser le démarrage normal des moteurs sans déclencher. Cependant, ils doivent être protégés contre les fortes surintensités par un disjoncteur, ou par des fusibles. Le principe de fonctionnement d'un relais thermique de surcharge repose sur la déformation de ses bilames chauffés par le courant qui les traversent.



Figure I.24. Relais thermique

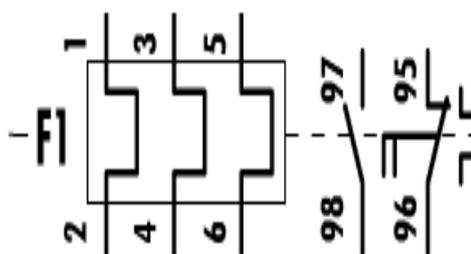


Figure I.25. Symbole d'un relais thermique

### I.7.2 Rôle :

Le relais thermique permet de protéger un récepteur contre les surcharges faibles et prolongées. Il permet de protéger efficacement contre les incidents d'origines mécaniques, chute de tension, déséquilibre des phases, manque d'une phase.

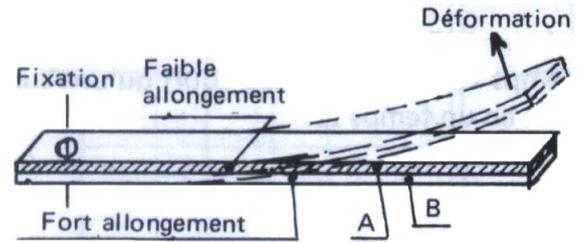
### I.7.3 Principe de fonctionnement :

Un relais thermique est un appareil qui sert à protéger contre les surcharges (courant excessif). Il est constitué de 3 bilames qui s'échauffent sous l'effet du courant consommé par l'installation.

Lorsqu'il y a surcharge par suite surchauffement, le relais coupe l'alimentation au niveau du contacteur. Il faut noter que si des surintensités agissent dans des conditions normales (lors du démarrage des moteurs électriques) le relais thermique ne doit pas en principe couper l'alimentation. Les relais thermiques sont équipés d'un contact d'ouverture (fermé au repos) et d'un contact à fermeture (ouvert au repos)

Ces contacts sont actionnés dès que les éléments de déclenchement sont activés. Le contact d'ouverture coupe le circuit de commande de la bobine du contacteur et déclenche celui-ci. Le contact de fermeture sert pour alimenter une lampe de signalisation (orange) indiquant le déclenchement thermique du contacteur. Un bouton de réarmement permet de remettre le relais à son état après refroidissement et disparition du défaut. On peut aussi avoir un réarmement automatique du relais. L'utilisateur dispose d'une

fourchette de courant pour régler un relais thermique. En général celui-ci est réglé sur le courant nominal de fonctionnement du moteur. Lorsqu'il y a dépassement du courant de réglage, le relais déclenche pendant un temps donné par le constructeur (voir la caractéristique du relais thermique). Cette protection n'a pas de pouvoir de coupure, car elle ne coupe pas directement la puissance du récepteur.



#### I.7.4 Courbe de déclenchement des relais thermiques :

Les courbes de déclenchement des relais thermiques donnent le temps de déclenchement de ces derniers en fonction du courant de surcharge. Quatre classes normalisées de relais thermiques sont alors définies. Ces classes sont fonctions du temps de déclenchement à partir de l'état froid (pas de passage préalable de courant).

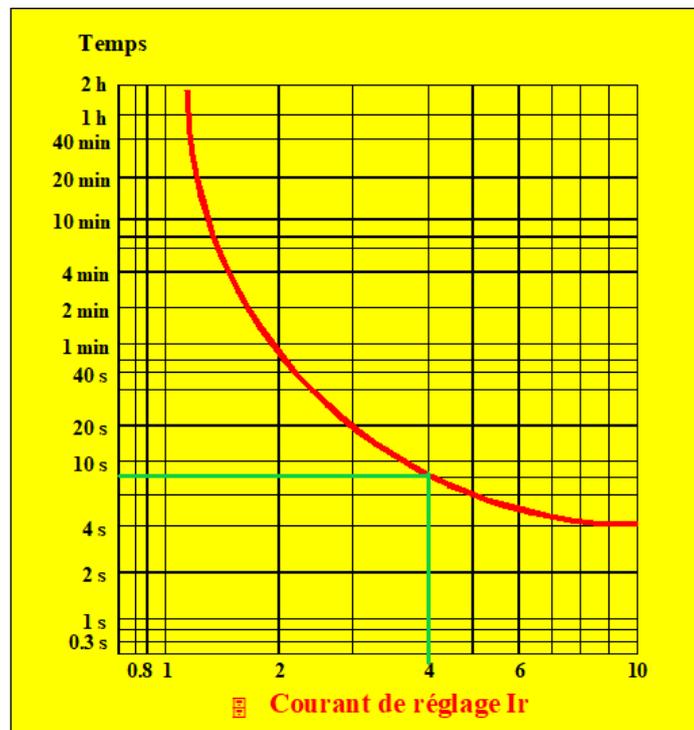
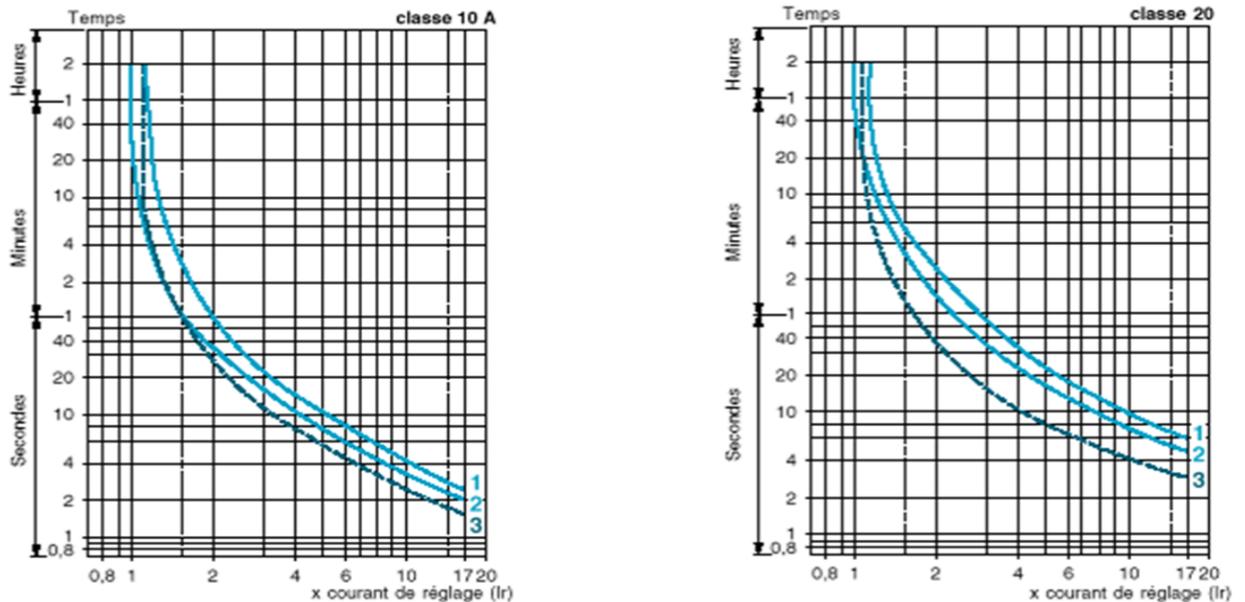


Figure I.26. Courbes de déclenchement des relais thermiques

#### Exemple :

- Courant de réglage: 3 A  
Surintensité de 12 A
- Temps de déclenchement:  
Environ 9 s



- 1 Fonctionnement équilibré, 3 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- 2 Fonctionnement sur les 2 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- 3 Fonctionnement équilibré 3 phases, après passage prolongé du courant de réglage (à chaud).

Figure I.27 : Courbes de déclenchement des relais thermiques

### I.7.5 Utilisation des relais thermiques :

Le relais thermique permet de protéger efficacement contre:

- les incidents d'origines mécaniques,
- chute de tension,
- déséquilibre des phases,
- les coupures de phases,
- les démarrages trop long,
- et les calages prolongés du moteur,

Le relais thermique est utilisable en courant continu et alternatif.

Les relais thermiques sont généralement tripolaires.

## I.8. RELAIS MAGNETIQUE (ELECTROMAGNETIQUE)

### I.8.1 Rôle :

Le relais magnétique, encore appelé relais de protection à maximum de courant, est un relais unipolaire (un pour chaque phase d'alimentation) dont le rôle est de détecter l'apparition d'un court-circuit. Il s'ensuit qu'il n'a pas de pouvoir de coupure et que ce sont ses contacts à ouverture (91-92) et à fermeture (93-94) qui vont être utilisés dans le circuit de commande pour assurer l'ouverture du circuit de puissance du récepteur et signaler le défaut.

Ce relais est recommandé pour la protection des circuits sans pointe de courant (ex. charges résistives) ou au contrôle des pointes de démarrage des moteurs asynchrones à bagues.

**I.8.2 Principe de fonctionnement :**

En fonctionnement normal, le bobinage du relais magnétique est parcouru par le courant du court-circuit. En cas de forte surcharge ou de court-circuit, la force engendrée par le champ magnétique de la bobine devient supérieure à la force du rappel du ressort et le relais magnétique déclenche. La raideur du ressort permet de régler pour quelle valeur du courant se produira la coupure. Le déclenchement est instantané avec un temps de réponse de l'ordre de milliseconde.

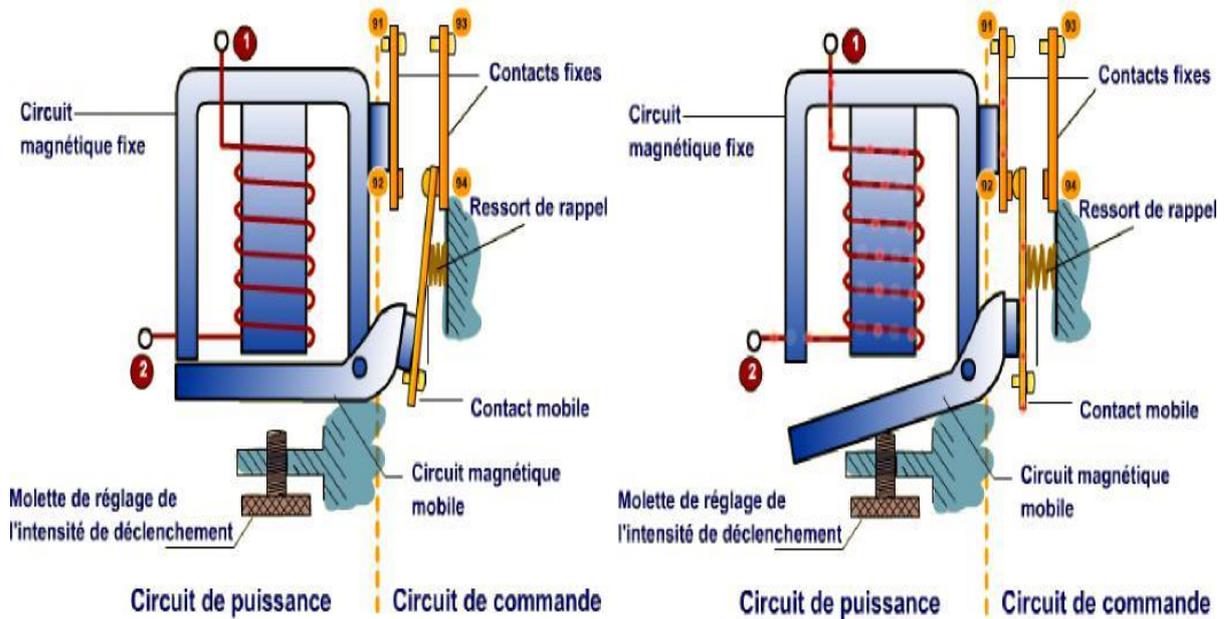


Figure I.28. Mode de fonctionnement du disjoncteur magnétique

**I.8.3 Symbole :**

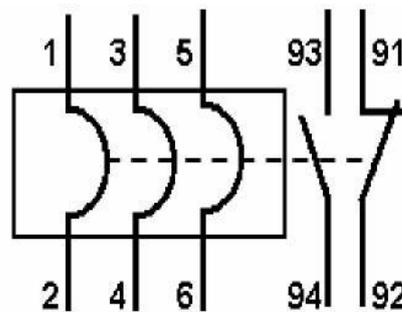


Figure I.29. Symbole du Relais thermique

**I.8.4 Réglage :**

Le réglage de l'intensité de déclenchement s'obtient en faisant varier l'entrefer du relais à l'aide d'une vis (ou une molette) graduée directement en Ampères. Le choix du réglage doit tenir compte :

- De l'intensité du réglage en service permanent ;
- De la valeur du réglage qui doit être supérieure au courant et aux pointes normales.

### I.8.5 Courbe de déclenchement des relais magnétiques :

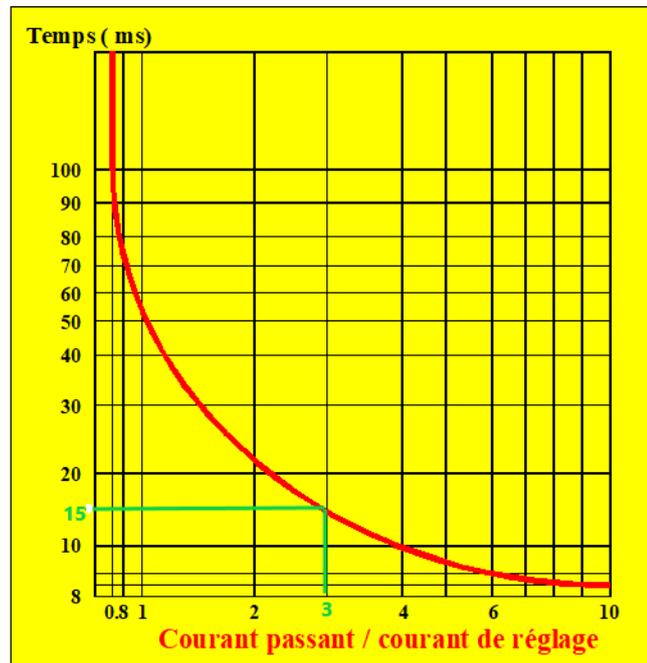


Figure I.30. Courbes de déclenchement des relais magnétiques

#### Exemple :

- Courant de réglage : 3 A
  - Surintensité de 9 A
- Temps de déclenchement :
  - Environ 15 ms

### I.9. LES CAPTEURS :

Dans les automatismes industriels, les détecteurs sont des capteurs de type **Tout Ou Rien** (TOR) qui sont utilisés pour:

- la détection de présence d'objets,
- de niveaux de liquides,
- de seuils de températures ou de pression,

Les détecteurs délivrent une information binaire de type 0/1 ou on/off susceptible d'être exploitée dans les circuits de commande.

#### I.9.1 Les détecteurs mécaniques (Interrupteurs de fin de course) :

Ce sont des capteurs qui détectent par contact physique, direct, le passage ou la présence d'un objet en mouvement.

Les détecteurs mécaniques sont constitués d'un dispositif d'attaque, d'une tête de commande et d'un corps équipé de contacts électriques, généralement un contact NO et un autre NC.

Le mouvement engendré sur la tête de commande du capteur provoque la fermeture ou l'ouverture des contacts électriques situés dans le corps du capteur.

**I.9.1.1 Les détecteurs inductifs :**

Ces capteurs détectent, sans contact physique, tous les objets de matériaux conducteurs. Ils génèrent un champ électromagnétique qui est modifié par la présence ou le passage d'une pièce métallique à proximité de ce champ. Le détecteur transforme cette information en signal électrique de sortie.

**I.9.1.2 Les détecteurs capacitifs :**

Ces capteurs peuvent détecter des objets de toute nature. Ils sont constitués principalement d'un oscillateur. Lorsqu'un objet de nature quelconque se trouve devant la face sensible du détecteur, il provoque une variation du couplage capacitif. Cette variation de capacité provoque le démarrage de l'oscillateur. Après mise en forme, un signal de sortie est délivré.



Contact fin de course

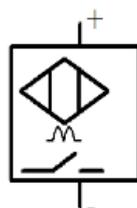
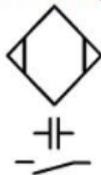


Détecteur inductif



Détecteur capacitif

Symbole d'un détecteur de proximité capacitif



symbole d'un detecteur inductif

Symbole d'un capteur magnétique



Figure I.31. Symboles des detecteurs capacitif, inductif et magnétique

**CHAPITRE II**  
**ELABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES**

## CHAPITRE II

### ELABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES

#### II.1 INTRODUCTION :

Un schéma électrique est un dessin qui représente un simple circuit électrique ou une installation électrique complète, voir complexe.

Des symboles graphiques représentent les éléments de cette installation mais, aussi les connexions qui les relient fonctionnellement.

Nous aurons donc, par exemple, des symboles pour représenter une lampe (ou point lumineux), un interrupteur et des fusibles. Nous avons aussi des symboles pour représenter des fils électriques qui serviront à relier notre lampe avec son interrupteur et les fusibles de protection du circuit.

#### II.2 SYMBOLES NORMALISES DE L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE :

Il existe plusieurs niveaux de normalisation pour l'électricité (international, continental ou national) représentés par des organismes agréés qui élaborent divers types de documents, en particulier des normes. Les publications émises sont des recommandations ayant pour but une harmonisation internationale des normes en vigueur dans les différents pays concernés.

Les normes de l'électricité qui entrent dans la **classe C**, sont des recueils de règles, de prescriptions et de méthodes destinées aux constructeurs de matériel électrique, aux professionnels électriciens, ou non-électriciens intervenant dans le domaine électrique.

##### II.2.2 Définition de la normalisation :

C'est l'ensemble des règles techniques qui permettent de standardiser l'appareillage électrique, sa représentation et son branchement.

L'objectif est d'arriver à un langage commun entre les électriciens dans le but de faciliter l'écriture, la lecture et la compréhension des schémas électriques.

Les normes électriques sont publiées par des organismes officiels à l'échelle nationale.

##### II.2.3. Organismes de standardisation et de normalisation

L'électricien, l'électrotechnicien, l'automaticien et l'électronicien travaillent toujours avec des normes pour les réalisations techniques et pour la production de documents (notices, schémas, plans architecturaux, listing de programme).

###### II.2.3.1 Organismes officiels:

###### II.2.3.1.1 Au niveau International :

- ✓ L'ISO (International Organization for Standardization) en 1947 ;
- ✓ Le CEI (Commission Électrotechnique Internationale) en 1906 ;
- ✓ L'UIT (Union Internationale des Télécommunications).

### II.2.3.1.2 Au niveau Européen :

- ✓ Le CEN (Comité Européen de Normalisation) en 1961 ;
- ✓ Le CENELEC (Comité Européen de Normalisation pour l'Électrotechnique) en 1973 ;
- ✓ L'ETSI (European Telecommunications Standard Institut).

### II.2.3.1.3 Au niveau des autres pays étrangers :

- ✓ L'AFNOR (Association Française de Normalisation) en 1926 ;
- ✓ C.E.F: (Comité Electrotechnique Français) en 1907 ;
- ✓ L'UTE (Union Technique de l'Électricité), est à l'origine de la norme Française (NF) en 1947.
- ✓ Le SSC (Standards Council of Canada) ;
- ✓ L'IBN (Institut Belge de Normalisation) ;
- ✓ L'ASTM (American Society for the Testing of Materials); nous lui devons l'ASCII et la normalisation du langage C.
- ✓ Le SNV (Schweizerischen Normen Vereinigung) ;
- ✓ Le DIN (Deutsche Industrie Normen) ;
- ✓ Le BSI (British Standard Institute) ;
- ✓ L'ANSI (American National Standard Institute) ;

## II.2.4 Les normes d'Electrotechnique :

En 2014, en France, on utilise les normes de la série NF C 03-201 et NF C 03-211. Celles-ci concernent les symboles d'appareillage électrique et les dispositifs de protection. Ces symboles ont été adoptés sur le plan international et repris par l'Union Technique de l'Electricité (UTE). La référence d'une norme française comprend trois lettres et cinq chiffres comme l'indique la figure suivante (figure II.1).

### II.2.4.1 Repérage d'une norme française :

Les normes françaises sont établies le plus souvent à partir des projets de normes internationales ou européennes.

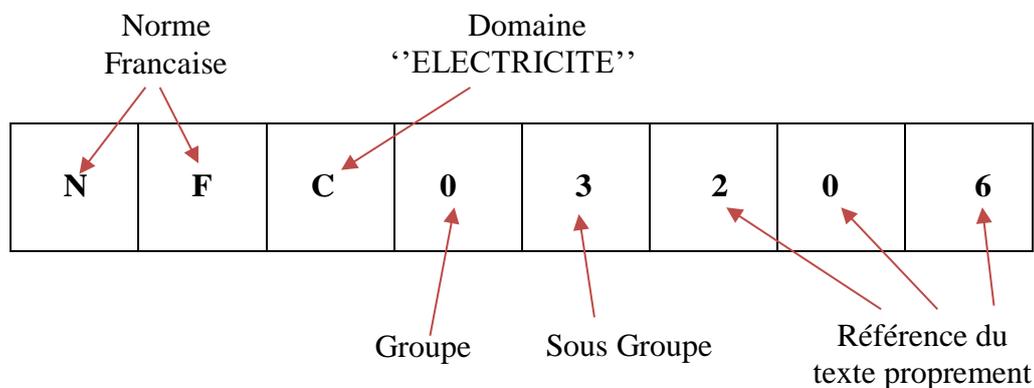


Figure II. 1. Repérage de la norme NFC

Les normes d'Electrotechnique correspondent à la classe C - Electricité. On

distingue 10 groupes qui sont :

- ✓ Groupe 0 : Généralités ;
- ✓ Groupe 1 : Installations électriques ;
- ✓ Groupe 2 : Construction électrique, matériaux électrotechniques ;
- ✓ Groupe 3 : Conducteurs nus et isolés ;
- ✓ Groupe 4 : Mesure — Commande — Régulation ;
- ✓ Groupe 5 : Matériel produisant ou transformant l'énergie électrique ;
- ✓ Groupe 6 : Appareillage, matériel d'installation ;
- ✓ Groupe 7 : Matériel utilisant l'énergie électrique ;
- ✓ Groupe 8 : Composants électriques ;
- ✓ Groupe 9 : Télécommunication.

#### II.2.4.2 Repérage d'une norme Européenne :

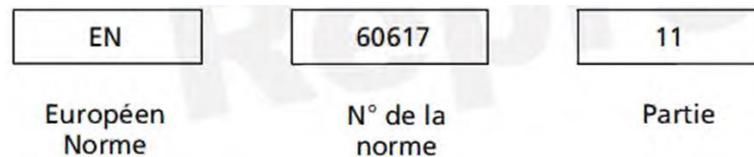


Figure II. 2. Repérage de la norme EN

Ces symboles sont pour la plupart présents dans la base de données gérée par la CEI et donc normalisés.

#### II.2.4.3 Exemple de correspondance de normes :

CEI	CENELEC	UTE	France	NF
60617-2	EN 60617-2	NF EN 60617-2	C 03-201	NF C 03-201
60617-2	EN 60617-11	NF EN 60617-11	C 03-211	NF C 03-211

Figure II.3. Tableau d'exemples de correspondance de normes

### II.3. CLASSIFICATION DES SCHEMAS :

Les schémas électriques peuvent être classés selon le but envisagé ou selon le mode représentation.

#### II.3.1. Classification selon le but envisagé :

##### **a- Les schémas explicatifs**

Ils facilitent la compréhension et l'étude d'une installation.

##### **b- Les diagrammes**

Le diagramme de séquence pour comprendre étape par étape le fonctionnement du système.

Le diagramme temporel pour avoir une idée sur l'évolution temporelle.

**c- Les schémas de connexion**

Ils guident la réalisation et la vérification des connexions d'une installation ou d'un équipement.

**d- Les schémas de dispositions**

Pour montrer l'emplacement des différents éléments d'une installation.

**II.3.2. Classification des schémas selon le mode de représentation**

**II.3.2.1 Selon le nombre de conducteurs :**

*II.3.2.1.1 Représentation unifilaire:*

Deux ou plus de deux conducteurs sont représentés par un trait unique. On indique sur ce trait le nombre de conducteurs en parallèle. Cette représentation est surtout utilisée en triphasé.

*II.3.2.1.2 Représentation multifilaire :*

Chaque conducteur est représenté par un trait.

Exemple : démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé (circuit de puissance).

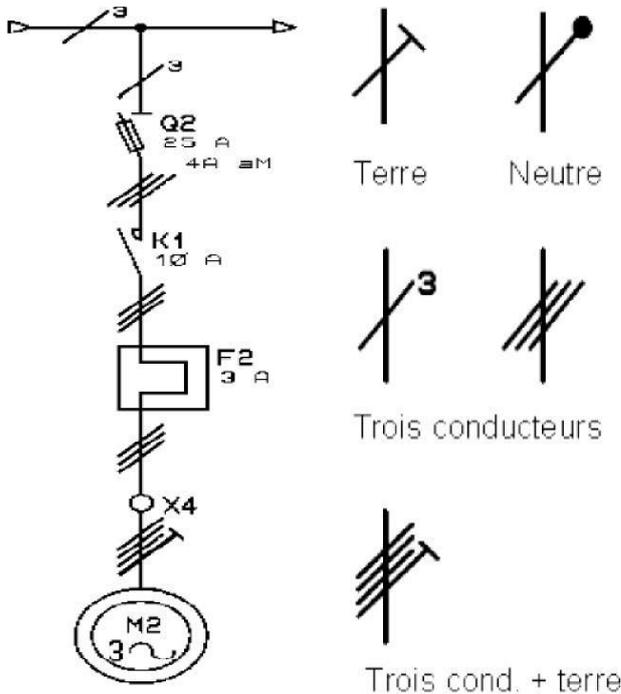


Figure.II.4. Représentation unifilaire

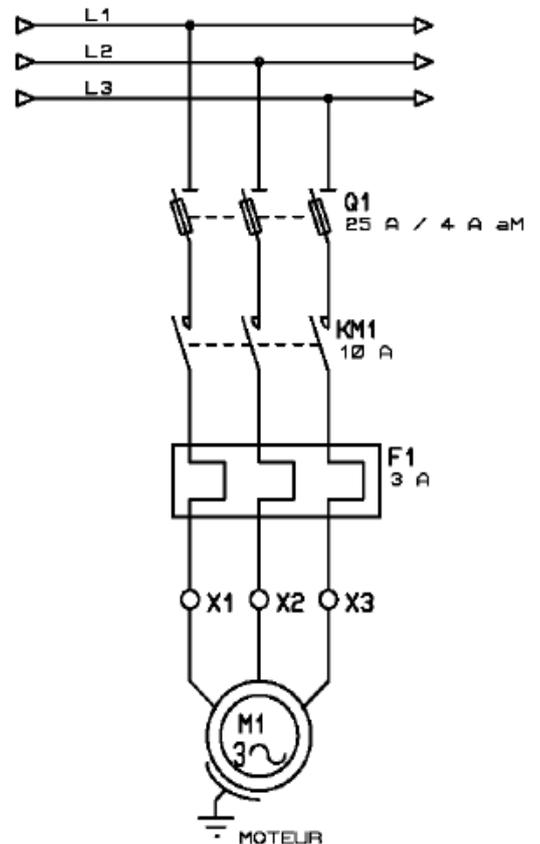
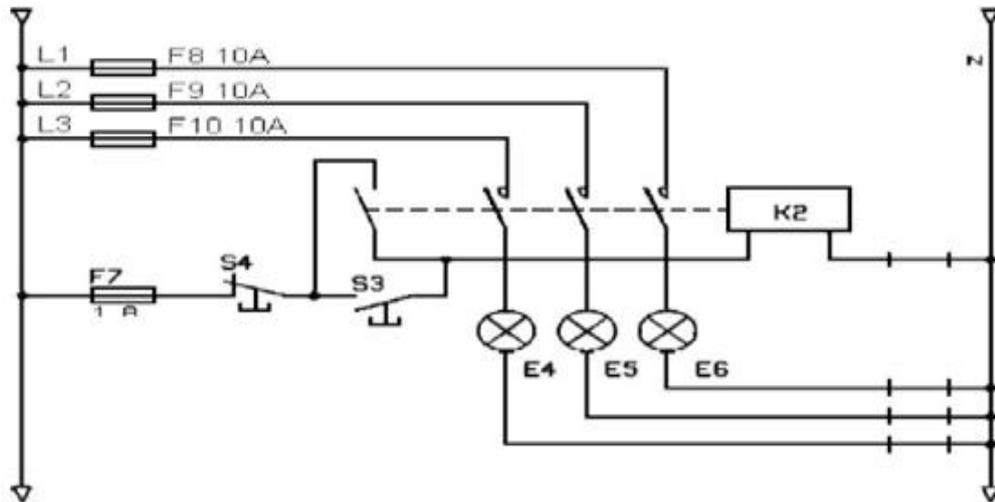


Figure.II.5. Représentation multifilaire

### II.3.2.2 Selon l'emplacement des symboles :

#### II.3.2.2.1 Représentation assemblée:

Les symboles des différents éléments d'un même appareil, ou d'un même



équipement, sont représentés juxtaposés sur le schéma.

Figure.II.6. Représentation assemblée

#### II.3.2.2.2 Représentation rangée:

Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de façon que l'on puisse tracer facilement les symboles des liaisons mécaniques entre différents éléments qui manœuvrent ensemble.

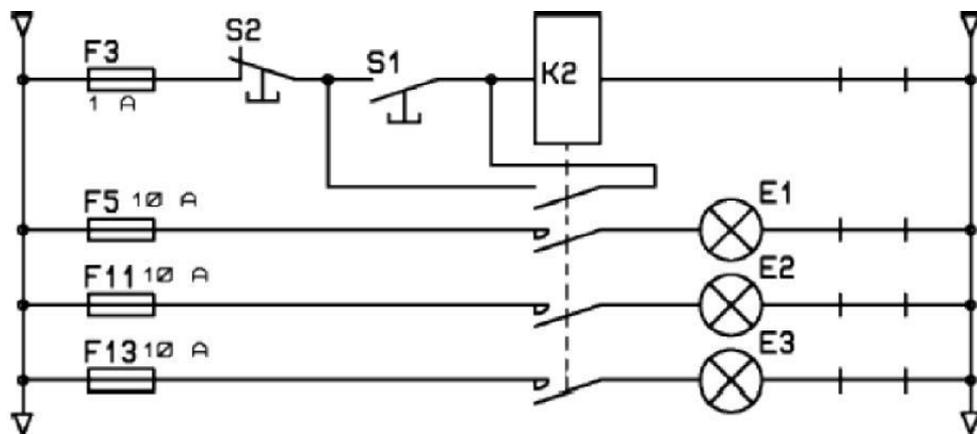


Figure.II.7. Représentation rangée

*II.3.2.2.3 Représentation développée:*

Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de manière que le tracé de chaque circuit puisse être facilement suivi. C'est la tendance actuelle dans tous les schémas de commandes.

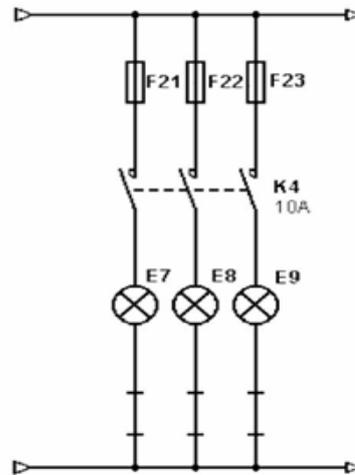


Figure.II.8. Représentation développée d'une commande à contacteur

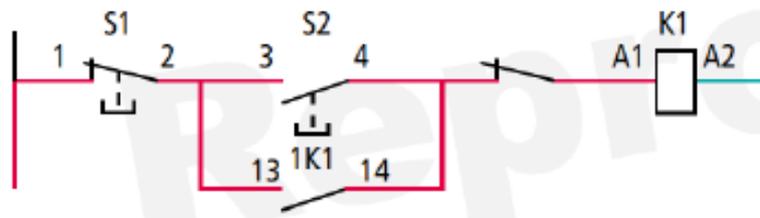


Figure II.9. Représentation développée de l'allumage de trois lampes commandées

*II.3.2.2.4 Représentation topographique:*

La représentation des symboles rappelle la disposition réelle des matériels dans l'espace.

Exemple : schéma architecturaux, plan ou schéma d'implantation.

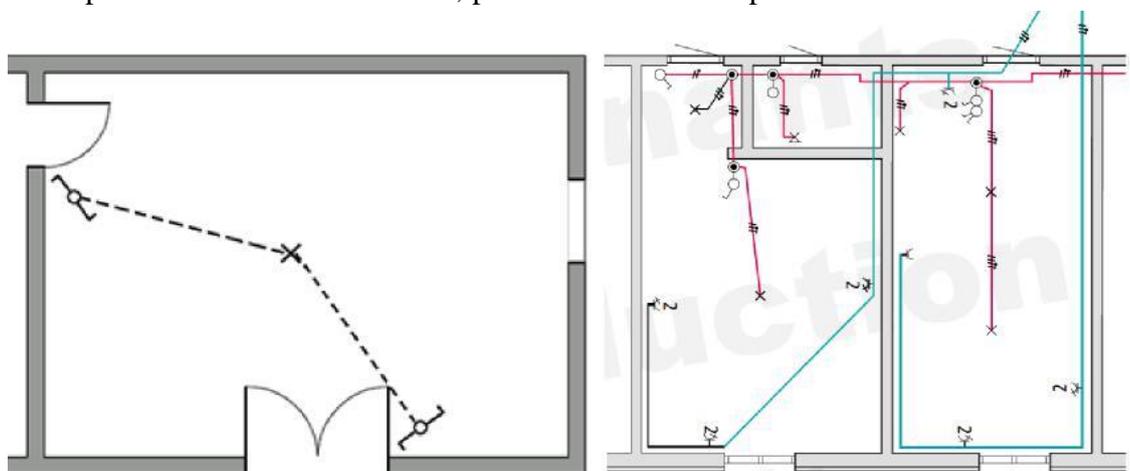


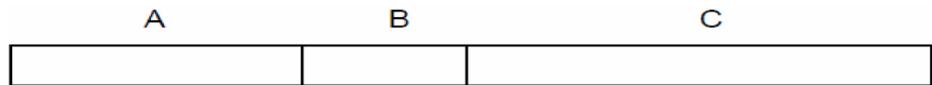
Figure II. 9. Schéma architectural d'une installation dans un bâtiment

### II.3.3 Identification des éléments:

a) **Définition:**

On désigne par élément un tout indissociable, par exemple un contacteur, un sectionneur ou un bouton-poussoir.

b) **Principe de l'identification :**



sorte de l'élément      fonction      numéro de l'élément concerné

c) **Identification de la sorte d'élément: (la partie A)**

Les éléments sont identifiés à l'aide de lettre repère (sur la partie A).

Exemple :

- une bobine de contacteur : K
- un bouton poussoir : S

Tableau des lettres repères pour l'identification des sortes d'éléments :

Repère	Sorte d'élément	Exemple
A	Ensemble ou sous-ensemble fonctionnel	Amplificateur
B	Transducteur d'une grandeur non électrique en une grandeur électrique ou vice versa	Couple thermo-électrique, cellule photo-électrique...
C	Condensateurs	
D	Opérateur binaire, dispositifs de temporisation ou de mise en mémoire	Opérateur combinatoire, ligne à retard, bascule bistable, monostable, mémoire magnétique...
E	Matériel divers	Eclairage, chauffage, éléments non spécifiés dans ce tableau.
F	Dispositifs de protection	Coupe-circuit, limiteur de surtension, parafoudre...
G	Générateurs (dispositifs d'alimentation)	Génératrice, alternateur, batterie
H	Dispositifs de signalisation	Avertisseur lumineux ou sonores.
K	Relais et contacteurs	
L	Inductances	Bobine d'induction, bobine de blocage.
M	Moteurs	
P	Instrument de mesure, dispositifs d'essai.	Appareil indicateur, appareil enregistreur.
Q	Appareils mécaniques de connexion pour circuit de puissance.	Disjoncteur, sectionneur.
R	Résistances	Potentiomètre, rhéostat, shunt, persistance.
S	Appareils mécaniques de connexion pour circuit de commande .	Boutons poussoirs, interrupteur fin de course, sélecteur...
T	transformateur	
U	Modulateur, convertisseur.	Convertisseur de fréquence, convertisseur redresseur, onduleur autonome.
X	Bornes, fiches, socles.	
Y	Appareils mécaniques actionnés électriquement.	Frein, embrayage, électrovalve pneumatique.

**d) Identification de la fonction de l'élément : (partie B)**

Le repère choisi doit commencer par une lettre (**partie B**) qui peut être suivie des lettres et/ou chiffres complémentaires nécessaires (**partie C**). Le code utilisé doit être explicite.

Exemple: la protection par relais thermique F1 pourra être identifiée fonctionnellement par Rth1 (KA1 pour un contacteur auxiliaire ; KM2 ...) Tableau des repères d'identification fonctionnelle:

Repère fonctionnel	Légende	Repère fonctionnel	Légende
AL	Alarme	FE	Fermeture
Auto	Automatique (mode)	FR	Freinage
AR	Arrière	GA	Gauche
AT	Arrêt	GV	Grande vitesse
AV	Avant	HA	Haut
BA	Bas	HS	Hors service
CA	Courant alternatif	I	Courant
CC	Courant continu	L	Ligne d'alimentation
D	Triangle (couplage)	MA	Marche
Dcy	Départ cycle	Manu	Manuel (mode)
DE	Descente	MI	Minimum
DM	Démarrage	MO	Montée
DR	Droite	MX	Maximum
EA	Eau	NO	Normal
ES	En service	OU	Ouverture
EX	Excitation	P	Puissance
FC	Fin de course	PV	Petite vitesse
+	Augmentation	SY	Synchronisation
-	Diminution	U	Tension
INC	Incrémentation	Y	Etoile (couplage)
DEC	Décrémentation	W	Vitesse angulaire

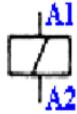
**II.4 MARQUAGE DES BORNES :**

Un appareil est constitué d'un certain nombre d'organes. Chacun d'eux aboutit à des bornes qui font l'objet d'un marquage. Le choix du marquage est effectué par le fabricant de l'appareil en tenant compte des règles et des normes en vigueur.

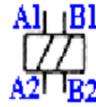
Résumé des normes relatives pour marquage des bornes au sein des contacteurs :

**II.4.1 Bobines :**

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



Bobine de Contacteur



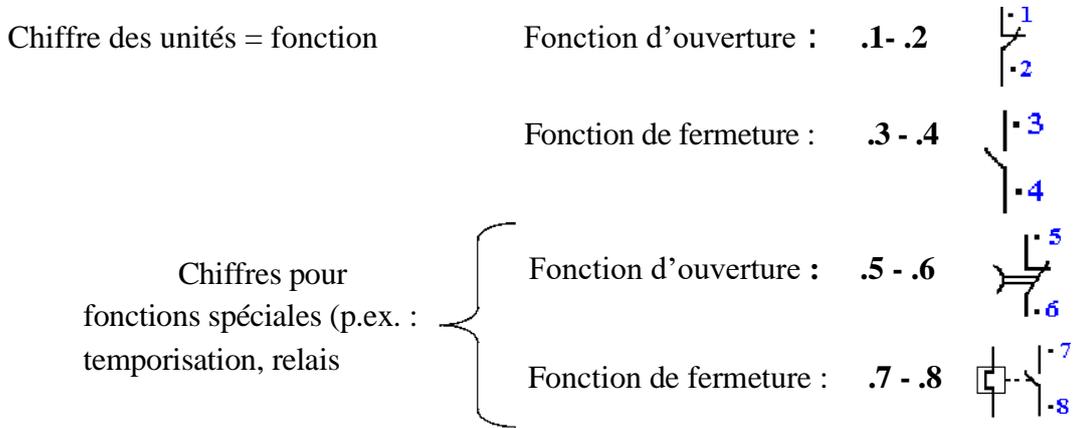
Bobines à deux enroulements parallèles 4 bornes



Aimant de verrouillage

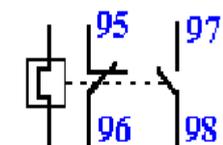
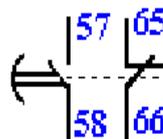
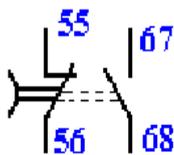
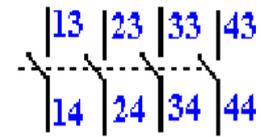
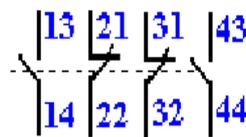
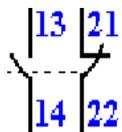
**II.4.2 Contacts auxiliaires :**

Le marquage des bornes des éléments de couplage auxiliaires des contacteurs principaux ou auxiliaires est formé d'un nombre à deux chiffres :



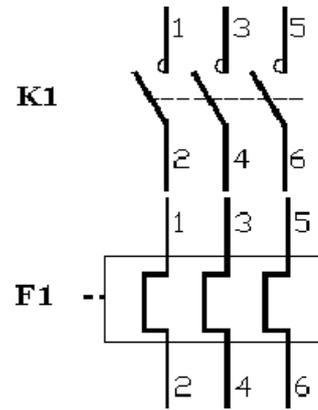
Chiffre des dizaines = Numéro d'ordre : Les bornes situées sur le même contact d'un élément de commutation doivent être identifiées par le même numéro d'ordre.

Exemples :



**II.4.3 Contacts principaux :**

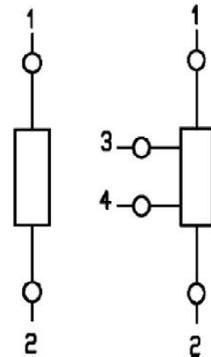
Le marquage des bornes des contacts principaux (contacteurs, relais thermique, interrupteur ...) est formé d'un nombre à un seul chiffre.



**II.4.3.1 Identification des bornes d'appareils:**

Il est fondé sur une notation alphanumérique employant des lettres majuscules et des chiffres arabes.

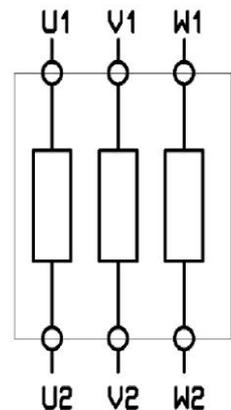
Les lettres I et O ne doivent pas être utilisées.



**II.4.3.2 Principe de marquage pour les bornes:**

*II.4.3.2.1 Pour un élément simple:*

Les deux extrémités d'un élément simple sont distinguées par des nombres de référence successifs, par exemple 1 et 2. S'il existe des points intermédiaires à cet élément, on les distingue par des nombres supérieurs en ordre normalement croissant à ceux des extrémités.



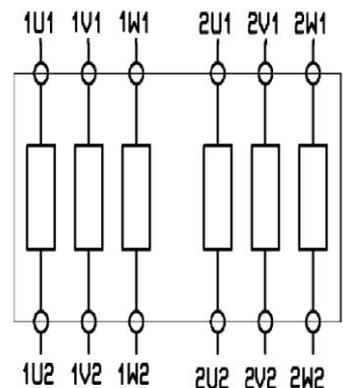
*II.4.3.2.2 Pour un groupe d'élément:*

Pour un groupe d'éléments semblables, les extrémités des éléments seront désignées par des lettres de référence qui précéderont les nombres de référence indiqué auparavant.

Exemple : U, V, W pour les phases d'un système alternatif triphasé.

*II.4.3.2.3 Pour plusieurs groupes semblables:*

Pour plusieurs groupes semblables d'éléments ayant les mêmes lettres de référence, on les distingue par un préfixe numérique devant les lettres de référence.



**Lettres de référence:**

Les lettres de référence seront choisies :  
 en courant continu dans la première partie de l'alphabet,  
 en courant alternatif dans la seconde partie de l'alphabet.

## II.5 NORMES ET SCHEMAS ELECTRIQUES :

### II.5.1 Marquages particuliers:

Ils concernent les bornes raccordées à des conducteurs bien définis : voir tableau suivant.

Bornes d'appareil pour		Marquage	
		Notation alpha-numérique	Symbole graphique
Système alternatif	Phase 1	U	
	Phase 2	V	
	Phase 3	W	
	Neutre	N	
Conducteur de protection		PE	
Terre		E	
Terre sans bruit		TE	
Masse (platine, châssis)		MM	

## II.6 REPERAGE DES CONDUCTEURS SUR LES SCHEMAS:

Le repérage individuel des conducteurs est généralement nécessaire pour un schéma des connexions, pour un schéma explicatif détaillé et pour un schéma général des connexions.

Le repérage peut être fixé lors de l'étude du schéma ou dans les cas simples, choisi lors de la pose des conducteurs ; on doit alors reporter les repères sur le schéma ou sur un document annexe.

- **Repérage dépendant:**

Le repère du conducteur reproduit les marques des bornes ou des équipements auxquelles les deux extrémités de ce conducteur doivent être raccordées.

- **Repérage indépendant:**

Il utilise le même repère généralement simple tout le long du conducteur. Généralement un schéma ou un tableau de connexions doit être employé.

- **Repérages particuliers:**

Désignation des conducteurs		Marquage	
		Notation alpha-numérique	Symbole graphique
Système d'alimentation alternatif	Phase 1	L1	
	Phase 2	L2	
	Phase 3	L3	
	Neutre	N	
Systèmes continu	Positif	L+	+
	Négatif	L-	
	Médian	M	-
Conducteur de protection		PE	
Conducteur de protection non mis à la terre		PU	
Conducteur de protection et conducteur neutre confondus		PEN	
Terre		E	
Terre sans bruit		TE	

## II.7 REGLES ET NORMES D'ETABLISSEMENT D'UN SCHEMA ELECTRIQUE :

### II.7.1 Les symboles

Ce qui est assez impressionnant c'est qu'il existe plusieurs façons de dessiner un même type d'appareillage ou composant. **La normalisation des symboles** (au moins les plus courants) permet de lire un schéma plus rapidement.

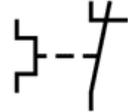
Nous pouvons aussi dire que grâce à ces normalisations, ce « langage symbolique » est un langage universel compréhensible par n'importe quel technicien de la planète.

### II.7.2 Symboles graphiques

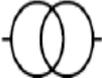
#### II.7.2.1 Contact d'usage général et du circuit de commande :

La représentation des symboles est faite de manière à ce que le déplacement de l'élément mobile se fasse de gauche à droite ou de bas en haut :

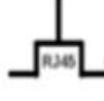
**II.7.2.2 Symboles normalisés selon NF EN 60617-7**

Symbole	Désignation	Symbole	Désignation
	<b>Contact à fermeture (NO)</b>		<b>Contact à ouverture (NF)</b>
	<b>Bouton poussoir à contact NO</b>		<b>Bouton poussoir à contact NF</b>
	<b>Bouton tournant avec un contact NF</b>		<b>Contact thermique NF (relais thermique)</b>
	<b>Contact NO retardé à la fermeture</b>		<b>Contact NF retardé à l'ouverture</b>
	<b>Interrupteur</b>		<b>Interrupteur fusible</b>
	<b>Sectionneur</b>		<b>Sectionneur fusible</b>
	<b>Contacteur</b>		<b>Disjoncteur</b>

**II.7.2.3 Symboles d'usages général (Appareils de mesures et appareils d'utilisation) :**

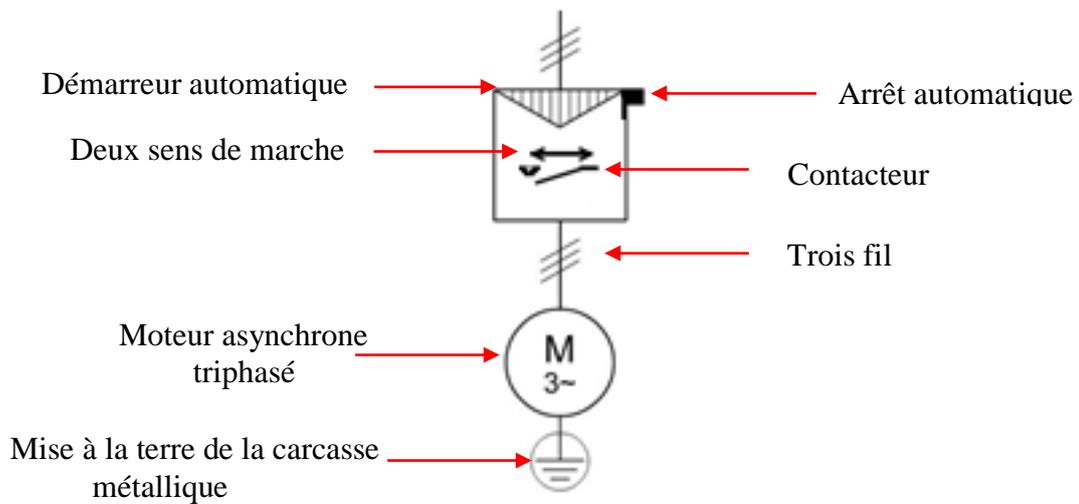
APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION	APPAREILS DE MESURE	CANALISATIONS	APPAREILS D'UTILISATION
 Générateur  Batterie de piles ou accus  Transformateur  Transformateur triphasé triangle/étoile  Transformateur de courant  Transformateur tore  Autotransformateur	<p><b>Indicateurs</b></p>  Voltmètre  Ampèremètre  Wattmètre  Varmètre  Fréquencemètre <p><b>Enregistreurs</b></p>  Compteur d'énergie active (wattheuremètre)  Compteur d'énergie active (varheuremètre)	 Conducteur de phase  Neutre  De protection (terre)  5 conducteurs (3 P + N + T)  Connexion borne  Connexion barrette  Croisement de 2 conducteurs avec connexion  Sans connexion  Dérivation  Boîte de jonction non enterrée	 Lampe d'éclairage (symbole général)  Tube à fluorescence  Moteur  Sonnerie  Résistance  Condensateur  Impédance  Eclairage de sécurité sur circuit spécial  Bloc autonome d'éclairage de sécurité

### II.7.2.4 Symboles électriques du plan architectural

 Interrupteur simple allumage	 Point lumineux	 Prise spécialisée 20A
 Interrupteur double allumage	 Point lumineux en applique	 Prise spécialisée 32A
 Interrupteur simple allumage avec voyant lumineux	 Lampe à Incandescence	 Prise TV
 Interrupteur va et vient	 Prise 16A avec terre	 Prise réseau Ethernet
 Interrupteur double va et vient	 Bloc de 3 prises 16A avec terre	 Cumulus/Chauffe-eau
 Bouton poussoir	 Prise rasoir	 Convecteur électrique
 Bouton poussoir avec voyant lumineux		

### II.7.2.5 Symboles fonctionnels des démarreurs de moteur

Le schéma fonctionnel est un schéma simplifié du schéma de puissance et de commande. Soit le schéma fonctionnel ci-dessous, du démarrage direct automatique d'un moteur asynchrone triphasé avec deux sens de marche avec mise à l'arrêt automatique:



## II.7.2.6 Liste des symboles fonctionnels

Démarreur, symbole général	
Démarreur opérant par échelons	
Démarreur régleur (variateur)	
Démarreur avec mise à l'arrêt automatique	
Démarreur direct par contacteur pour deux sens de marche	
Démarreur étoile-triangle	
Démarreur par auto-transformateur	
Démarreur régleur par thyristor	
Démarreur automatique, symbole général	
Démarreur semi-auto, symbole général	

**CHAPITRE III**  
**CIRCUITS D'ECLAIRAGE**

## CHAPITRE III CIRCUITS D'ÉCLAIRAGE

### III.1 Introduction:

Les règles qui s'appliquent aux installations électriques sont décrites par la norme NFC 15-100. Elles garantissent votre sécurité et permettent de répondre à tous vos besoins dans la maison. Cependant, dans ce chapitre on va définir quelques montages utilisés dans l'électricité bâtiment, leurs schémas développés et architecturaux, ainsi que les éléments utilisés pour leurs réalisations, tel que : le simple et le double allumage, va et vient, minuterie, télérupteur et la prise qui sont les montages les plus fréquents réalisés dans l'électricité bâtiments.

### III.2 Montage simple allumage :

#### III.2.1 But :

Le simple allumage permet d'allumer ou d'éteindre un point lumineux (lampe) en un seul point d'allumage (Interrupteur).

#### III.2.2 Eléments de réalisations d'un simple allumage :

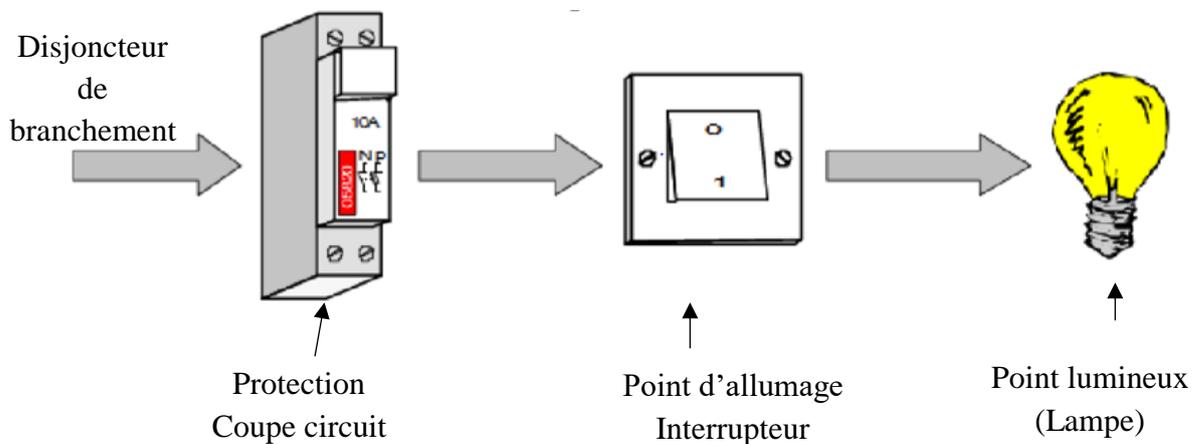


Figure III.1. Eléments de réalisation d'un simple allumage.

### III.2.3 Schéma développé :

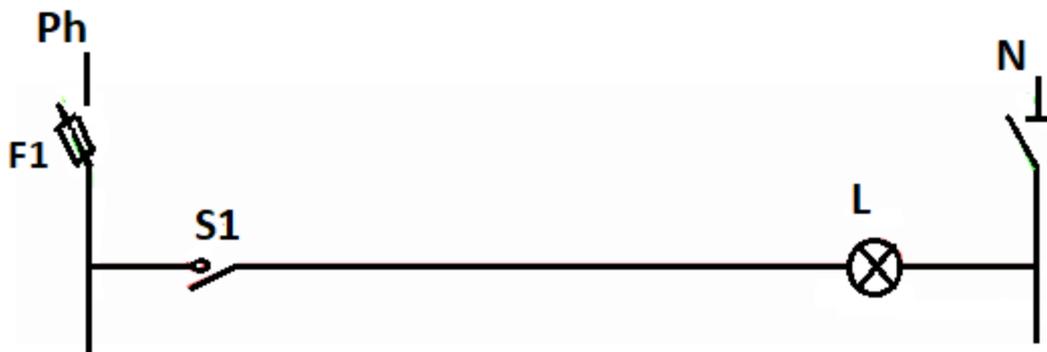


Figure III.2. Schéma développé d'un simple allumage.

### III.2.4 Schéma architectural :

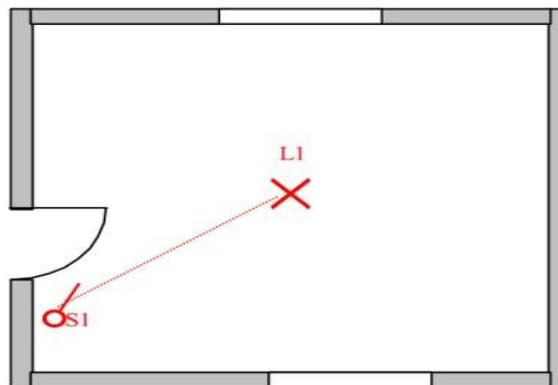


Figure III.3. Schéma architectural d'un simple allumage

### III.2.5. Schéma unifilaire :

Il permet de donner l'emplacement des conduits dans lesquels il y aura les conducteurs.

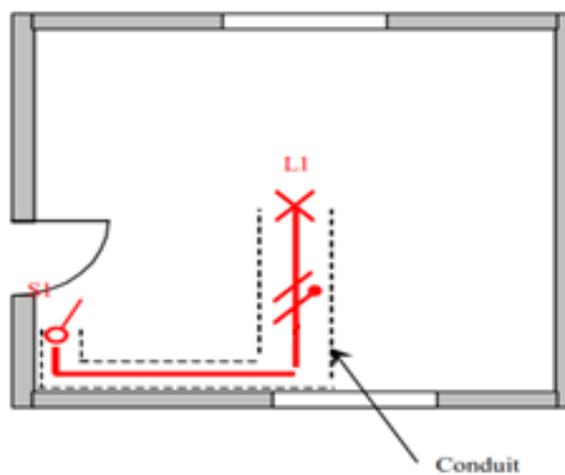


Figure III.4. Schéma architectural d'un simple allumage

### III.2.6. Schéma multifilaire :

Il correspond au schéma de câblage suivant :

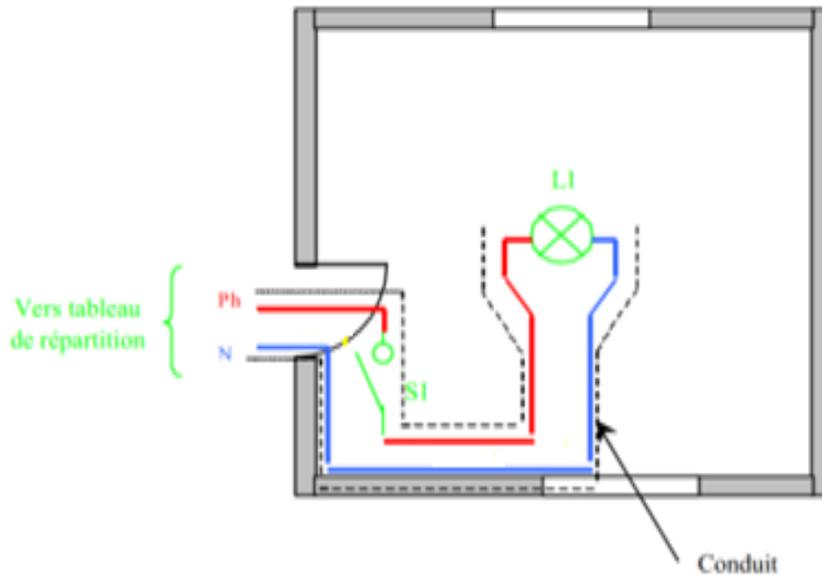


Figure III.5. Schéma architectural d'un simple allumage

### III.3 Montage Double allumage :

#### III.3.1 But :

Le double allumage permet d'allumer ou d'éteindre ensemble ou séparément deux points lumineux (lampes) en un seul point d'allumage (interrupteur).

#### III.3.2 Eléments de réalisations d'un double allumage :

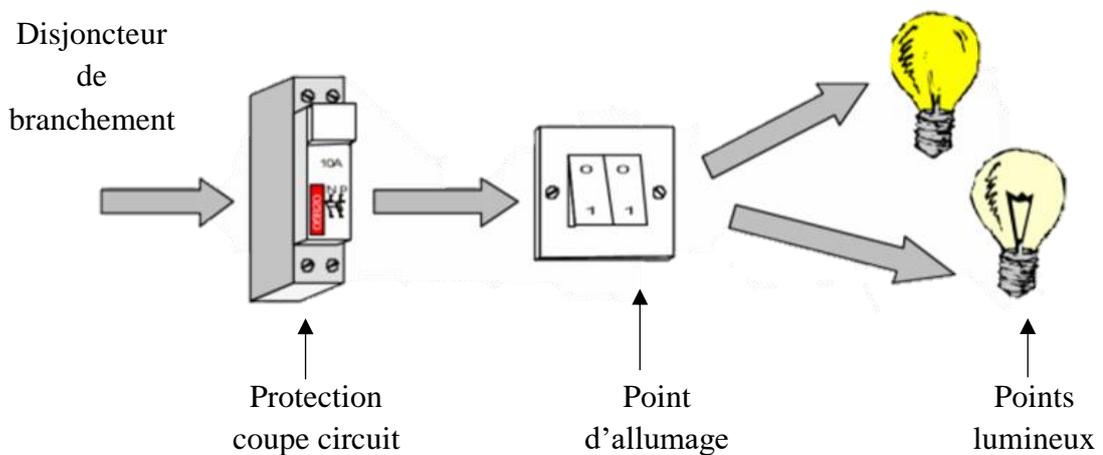


Figure III.6. Eléments de réalisations d'un double allumage.

**III.3.3 Schéma développé :**



Figure III.7. Schéma développé d'un double allumage.

**III.3.4 Schéma architectural :**

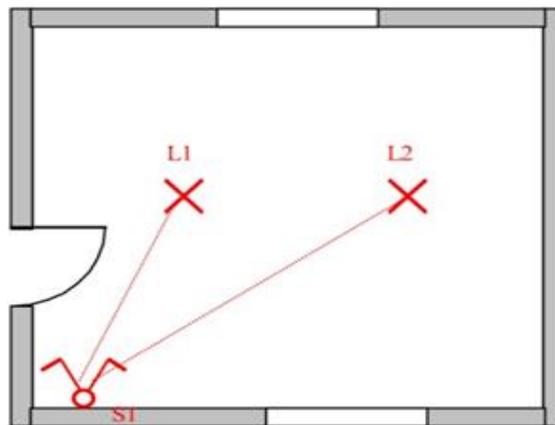


Figure III.8. Schéma architectural d'un double allumage.

**III.3.5 Schéma de branchement :**

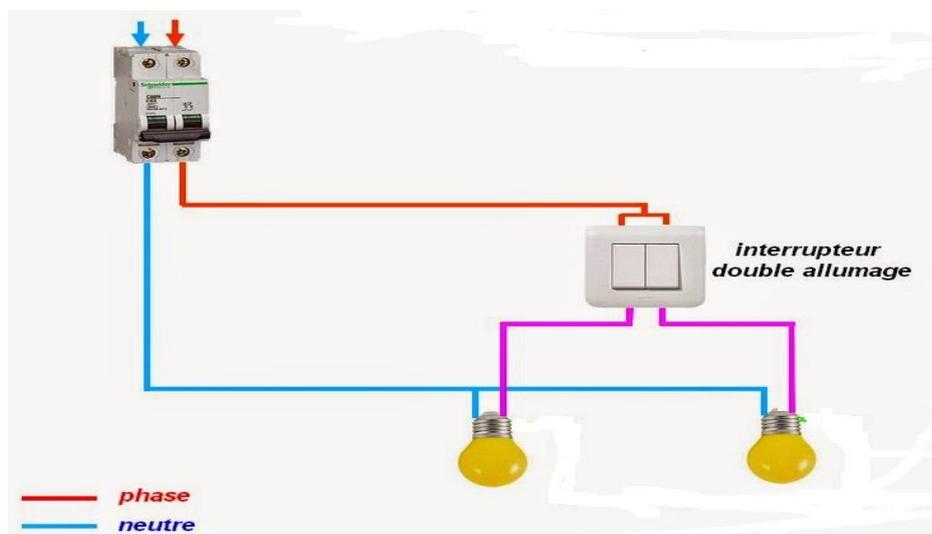


Figure III.9. Schéma de branchement d'un double allumage.

### III.4 Montage va et vient :

#### III.4.1 But :

Le va et vient permet l'allumage ou l'extinction de point(s) lumineux de deux points d'allumage différents.

Ce type d'installation est intéressante pour commander un point d'éclairage depuis deux endroits différents.

#### III.4.2 Eléments de réalisations d'un Va et Vient :

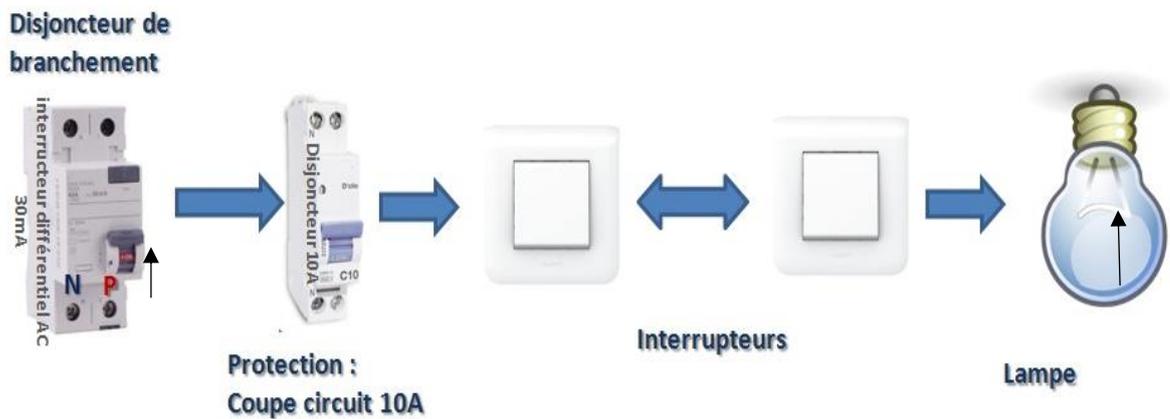


Figure III.10. Eléments de réalisations d'un va et vient

#### III.4.3 Schéma développé :

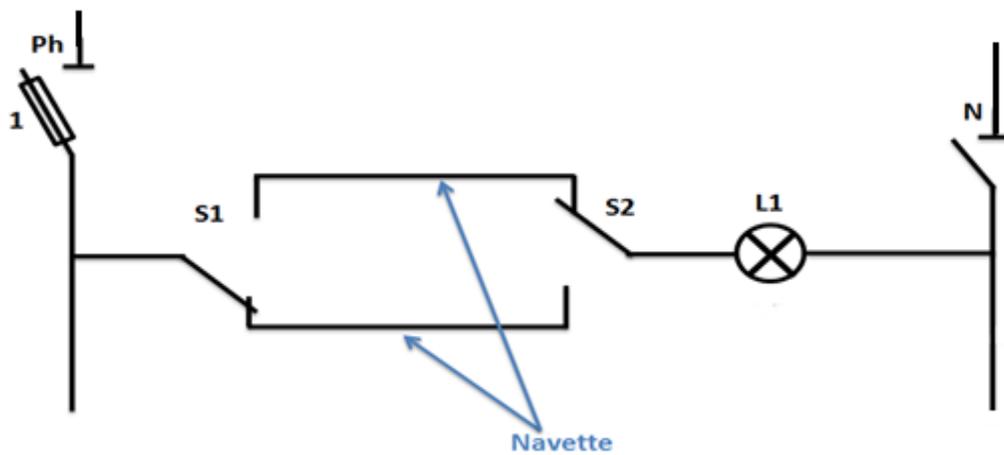


Figure III.11. Schéma développé d'un va et vient

### III.4.4 Schéma architectural :

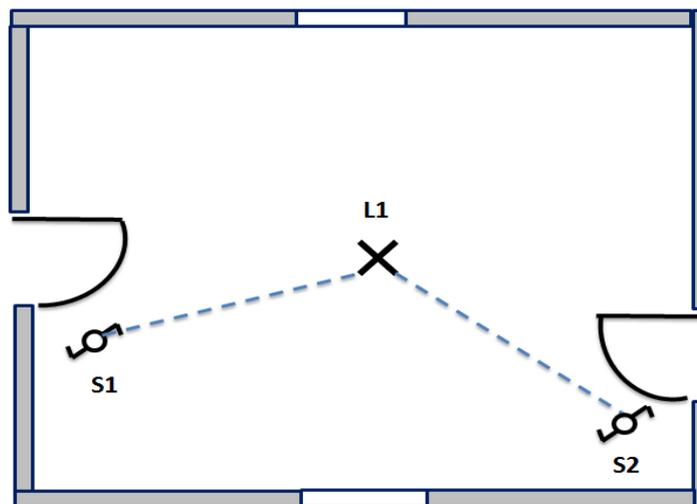


Figure III.12. Schéma architectural d'un va et vient.

### III.4.5 Schéma de branchement :

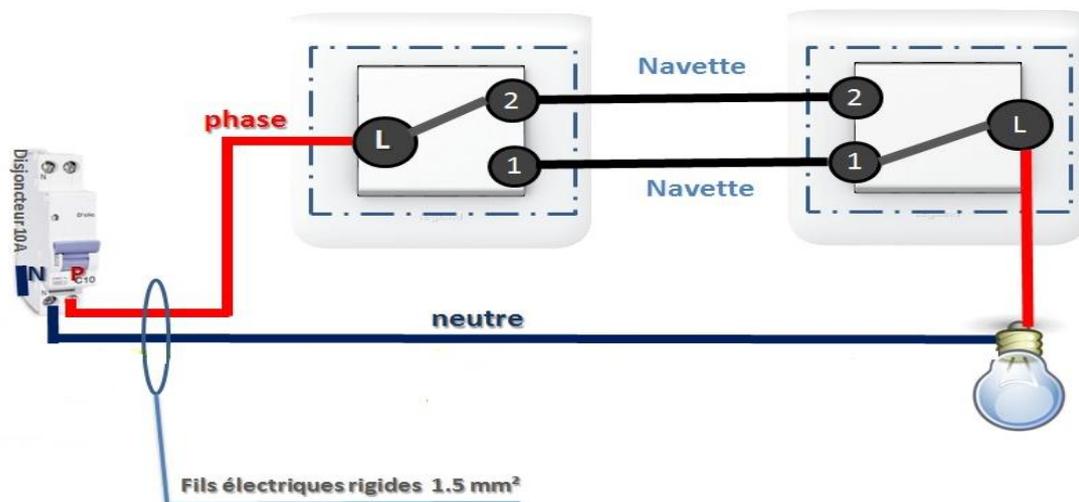


Figure III.13. Schéma de branchement d'un va et vient.

## III.5 Allumage par Minuterie :

**III.5.1 But :** On installe une minuterie lorsque l'on désire une extinction automatique d'un ou de plusieurs points lumineux.

**III.5.2 Eléments de réalisations d'une minuterie :**

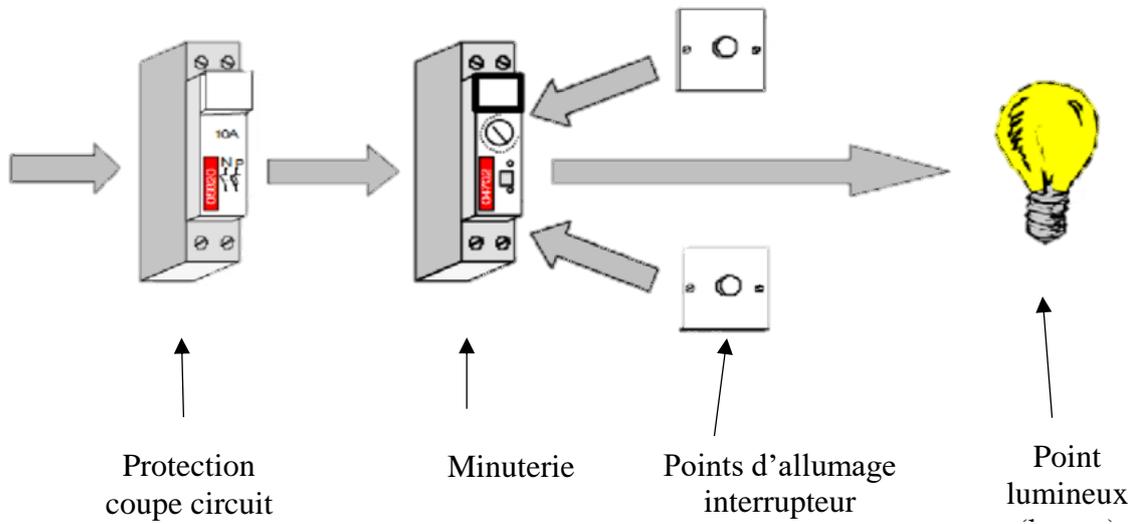


Figure III.14. Eléments de réalisation d'une minuterie.

**III.5.3 Principe Fonctionnement :**

Une impulsion sur un des points d'allumage (bouton poussoir) permet la mise sous tension d'un ou plusieurs points lumineux pendant un temps  $t$  prédéterminé.

L'extinction du ou des points lumineux est automatique.

**III.5.4 Schéma développé d'une minuterie raccordée en 3 fil :**

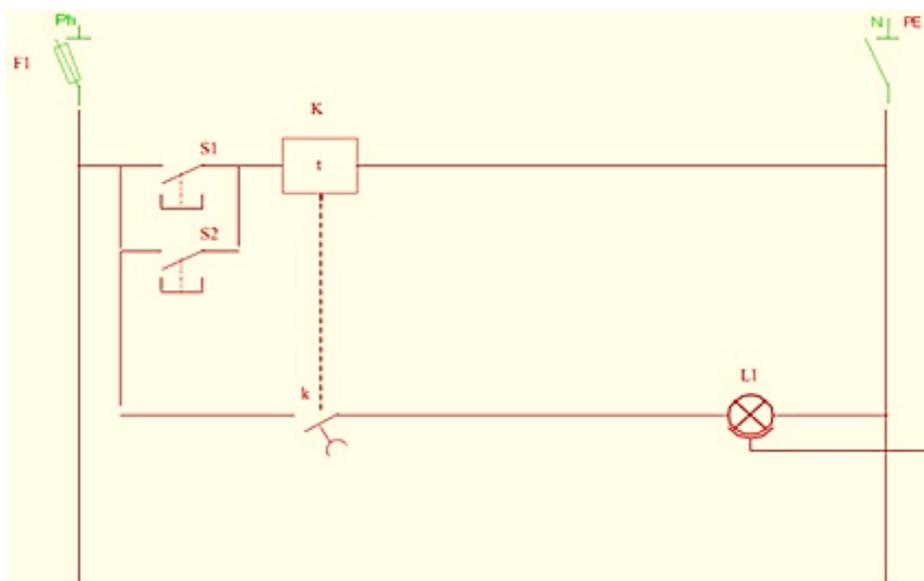


Figure III.15. Schéma développé d'une minuterie.

**III.5.5 Schéma développé d'une minuterie raccordée en 4 fils :**

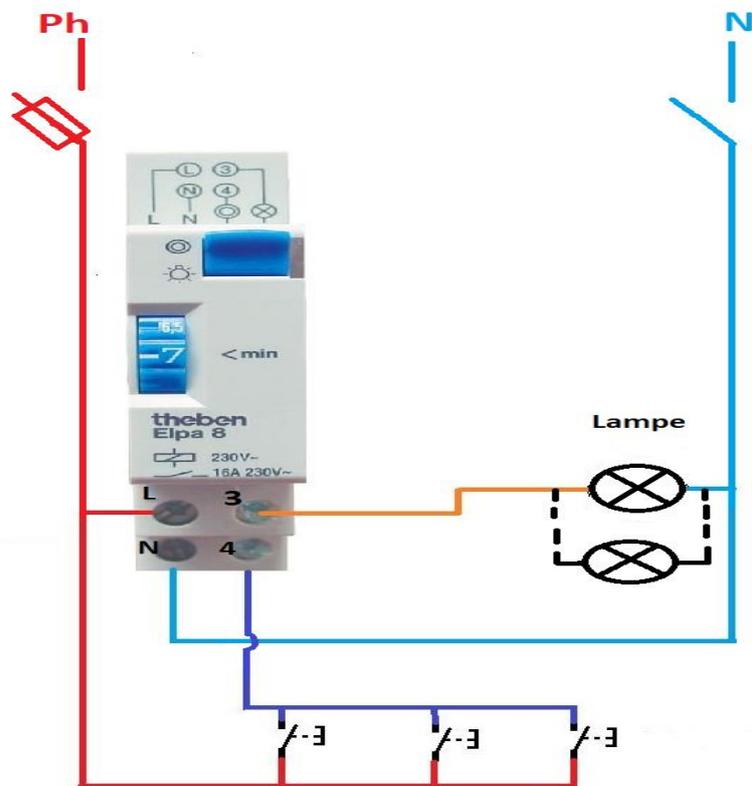


Figure III.16. Schéma développé d'une minuterie raccordée en 4 fils.

**III.5.6 Schéma architectural :**

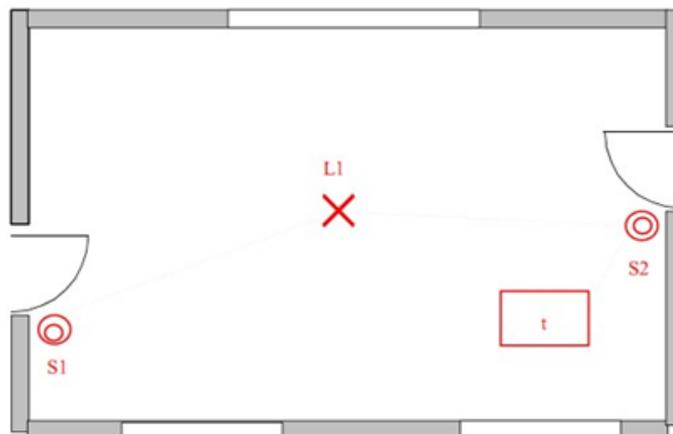


Figure III.17. Schéma architectural d'une minuterie.

### III.6 Allumage par Télerrupteur :

#### III.6.1 But :

Il permet d'allumer et d'éteindre le même éclairage depuis plusieurs boutons poussoirs placés à des endroits différents. Il est obligatoire à partir de 3 points de commande.

#### III.6.2 Eléments de réalisations d'un télerrupteur :

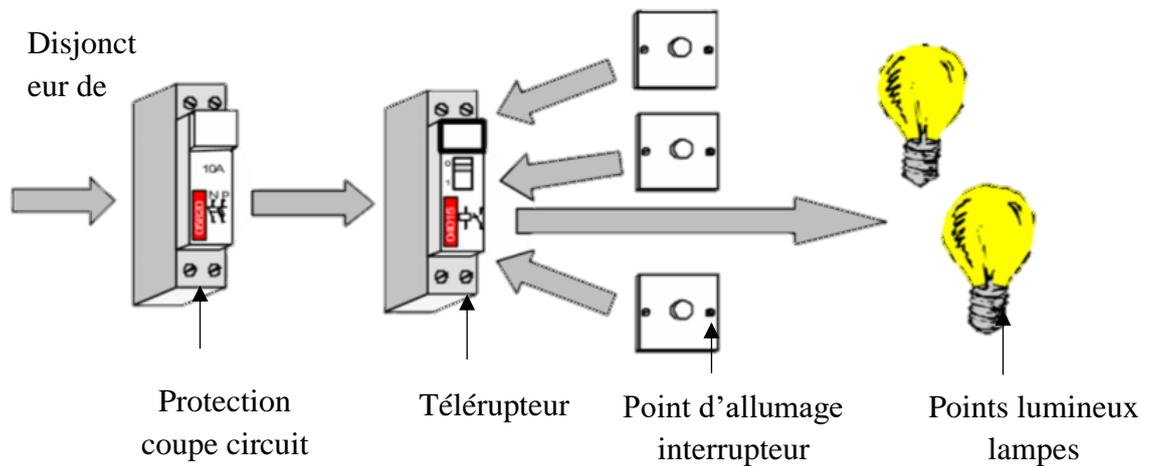


Figure III.18. Eléments de réalisations d'un télerrupteur.

#### III.6.3 Fonctionnement d'un télerrupteur :

Une impulsion sur l'un des points d'allumage (bouton poussoir) permet la mise sous tension des points lumineux. Une nouvelle impulsion sur l'un des boutons poussoirs permet d'éteindre les points lumineux.

**III.6.4 Schéma développé d'un télérupteur raccordé en 3 fil :**

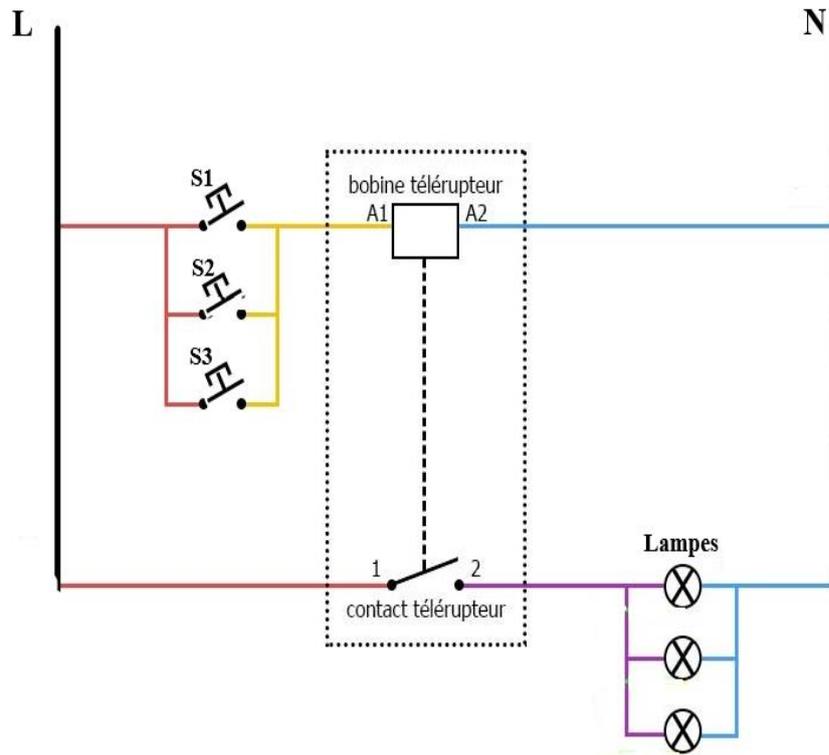


Figure III.19. Schéma développé d'un télérupteur

**III.6.5 Schéma développé d'un télérupteur raccordé en 4 fils :**

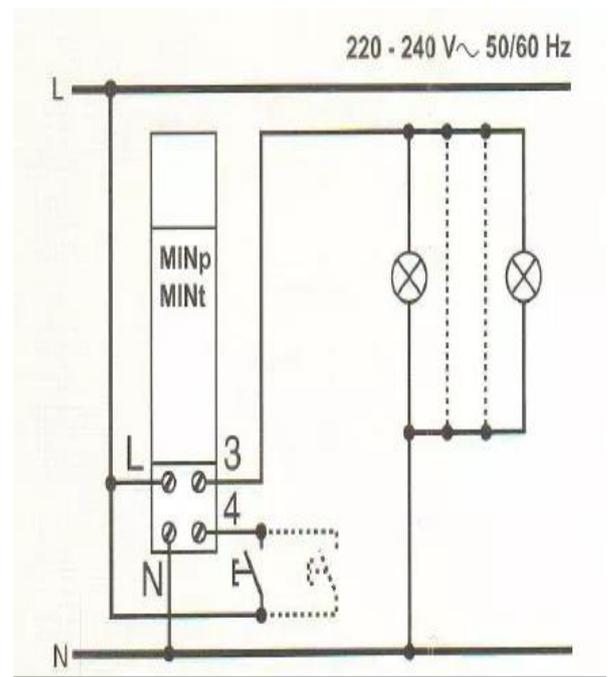
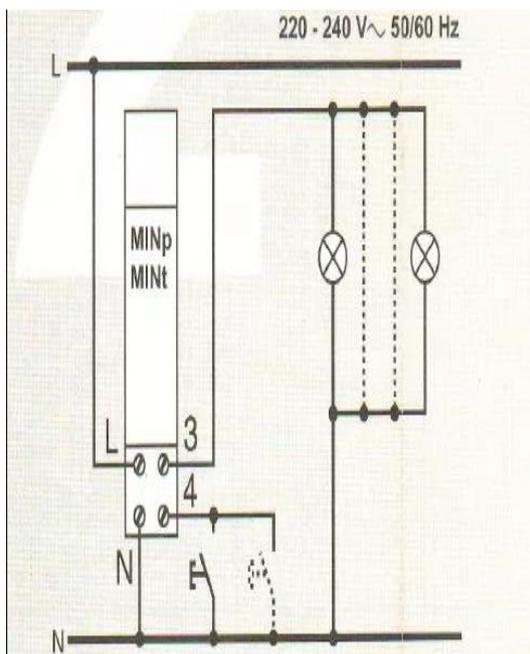


Figure III.20. Schéma développé d'un télérupteur raccordé en 4 fils

### III.6.6 Schéma architectural :

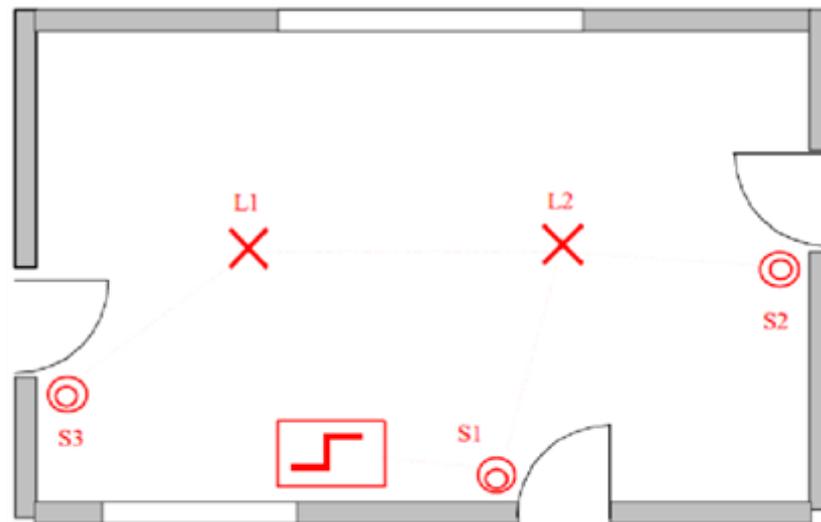


Figure III.21. Schéma architectural d'un télérupteur.

### III.7 Prise:

#### III.7.1 But :

Il permet un raccordement électrique d'appareils mobile.

#### III.7.2 Eléments de réalisation d'une prise :

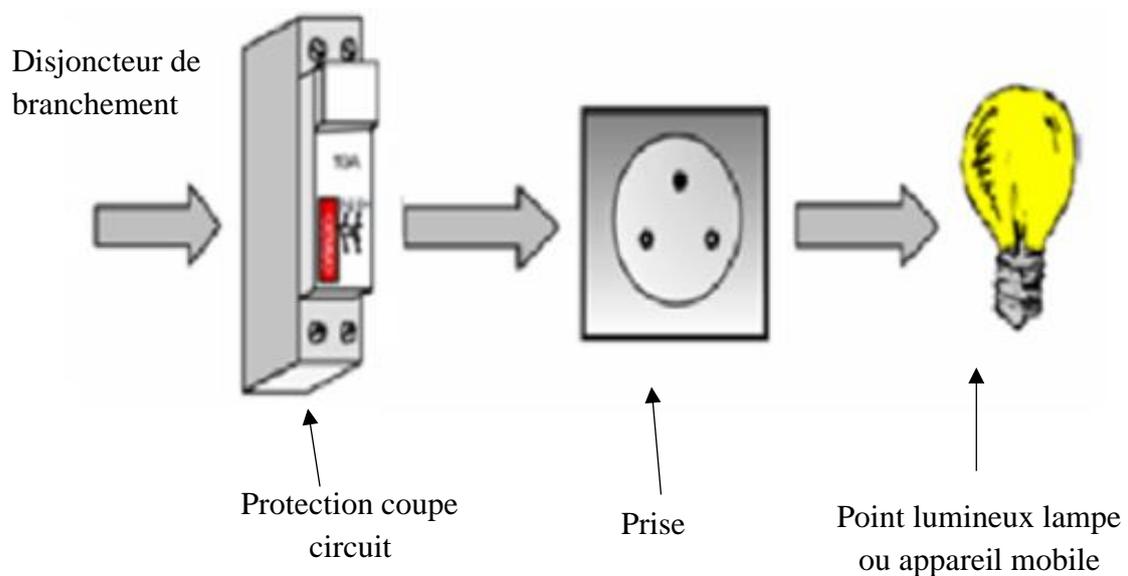


Figure III.22. Eléments de réalisations d'une prise

**III.7.3 Schéma développé :**

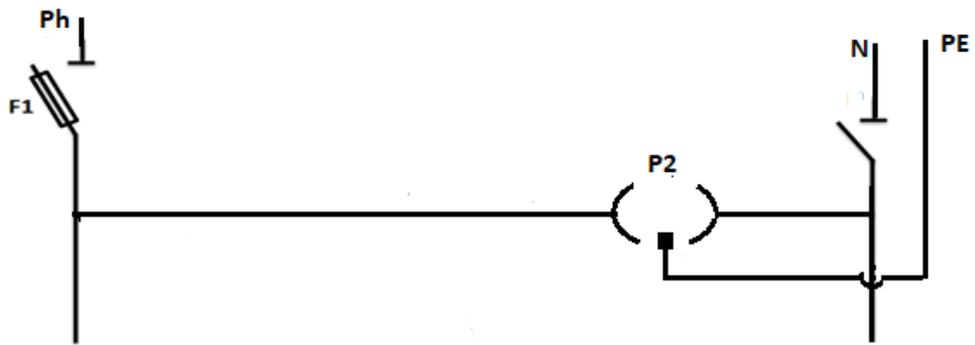


Figure III.23 : Schéma développé d'une prise.

**III.7.4 Schéma architectural :**

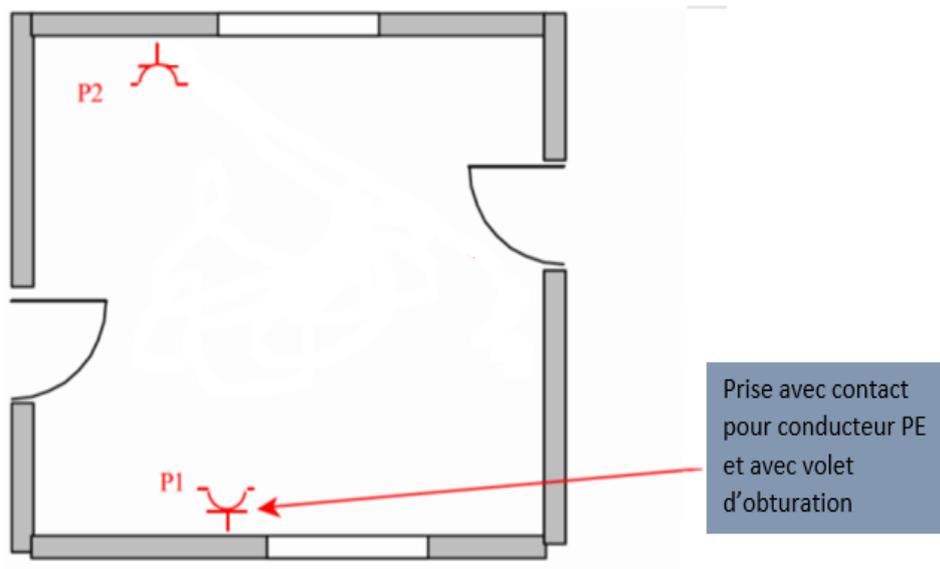


Figure III.24 : Schéma architectural d'une prise

III.8. Exemple d'un schéma architectural d'une habitation:

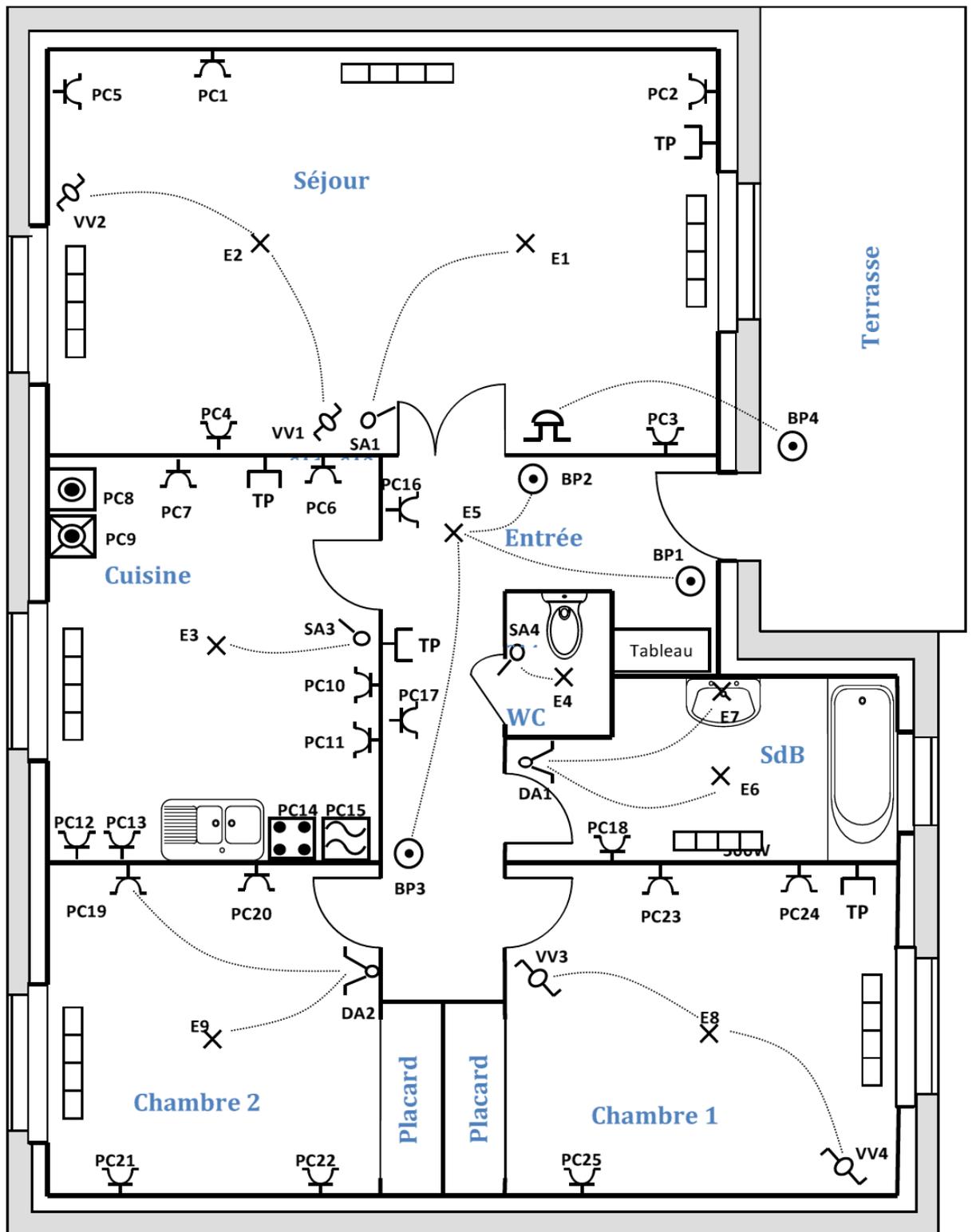


Figure III.25 : Schéma architectural d'une habitation

## **CHAPITRE IV**

# **MODES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES**

## CHAPITRE IV

### MODES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES

#### IV.1 INTRODUCTION :

Le moteur asynchrone ou le moteur à induction est actuellement le moteur électrique dont l'usage est le plus répandu dans l'industrie. Son principal avantage réside dans l'absence de contact glissant, ce qui conduit à une structure simple et robuste facile à construire. Le moteur asynchrone possède un fort couple de démarrage, mais il a l'inconvénient d'absorber de 4 à 8 fois son intensité nominale au démarrage. Ces courants de démarrage élevés ont souvent comme conséquence une chute de tension désagréable. C'est la raison pour laquelle les distributeurs d'électricité fixent des valeurs limites pour les courants de démarrage de ces moteurs, par rapport aux courants de fonctionnement nominaux. Les valeurs permises varient d'un réseau à l'autre, en fonction de la charge. Cette dernière aura une grande incidence sur le mode de démarrage à retenir.

Pour réduire cet appel de courant on dispose de différents procédés de démarrage.

#### IV.2 QUELQUES MODES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES:

##### IV.2.1 La plaque à bornes d'un moteur asynchrone triphasé:

Cette plaque de connexion de 6 bornes repérées U1, V1, W1, U2, V2, W2 permet selon le couplage, d'alimenter le moteur sous deux tensions différentes (simple et composé).

##### IV.2.1.1 Schéma de branchement normalisé des enroulements :

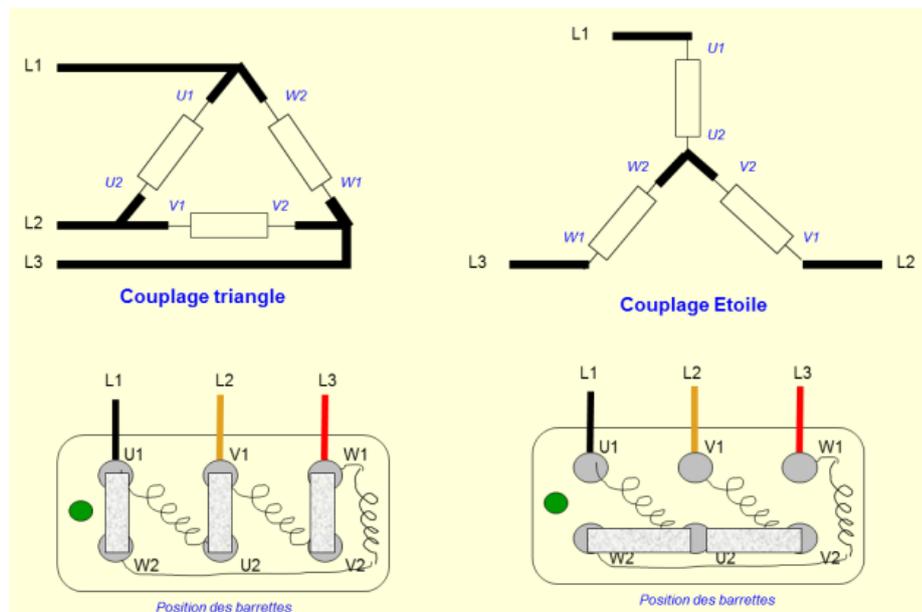


Figure IV.1. Schéma de branchement normalisé et le couplage (Etoile-triangle) des enroulements des moteurs asynchrones triphasés

### IV.2.2 Démarrage direct :

C'est le plus simple qui ne peut être exécuté qu'avec le moteur asynchrone à rotor à cage. Les enroulements du stator sont couplés directement sur le réseau.

C'est le mode de démarrage le plus simple dans lequel le stator est directement couplé sur le réseau (Figure IV.3). Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles.

Au moment de la mise sous tension, le moteur se comporte comme un transformateur dont le secondaire, constitué par la cage du rotor très peu résistante, est en court-circuit. Le courant induit dans le rotor est important. Il en résulte une pointe de courant sur le réseau :

$$I_{\text{démarrage}} = 4 \text{ à } 8 I_{\text{nominal}}$$

Le couple de démarrage est en moyenne :

$$T_{\text{démarrage}} = 1.5 \text{ à } 2 I_{\text{nominal}}$$

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, couple de démarrage élevé, démarrage rapide, prix faible), le démarrage direct ne peut convenir que dans les cas où :

- la puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau, de manière à limiter les perturbations dues à l'appel de courant,
- la machine entraînée ne nécessite pas une mise en vitesse progressive où comporte un dispositif amortisseur qui réduit le choc du démarrage,
- le couple de démarrage peut être élevé sans incidence sur le fonctionnement de la machine ou de la charge entraînée.

### IV.2.3 Démarrage sous tension réduite :

Plusieurs dispositifs permettent de réduire la tension aux bornes des enroulements du stator pendant la durée du démarrage du moteur ce qui est un moyen de limiter l'intensité du courant de démarrage. L'inconvénient est que le couple moteur est également diminué et que cela augmente la durée avant laquelle la machine atteint le régime permanent.

#### IV.2.3.1 Démarrage étoile-triangle :

Ce procédé ne peut s'appliquer qu'aux moteurs dont toutes les extrémités d'enroulement sont sorties sur la plaque à bornes, et dont le couplage triangle correspond à la tension du réseau. Le démarrage s'effectue en 2 temps.

- 1 temps : mise sous tension et couplage étoile des enroulements. Le moteur démarre à tension réduite.

- 2 temps : Suppression du couplage étoile, et mise en couplage triangle. Le moteur est alimenté sous pleine tension.

##### *IV.2.3.1.1 couplage et procédure de commutation :*

Ce mode de démarrage (Figure IV.7) ne peut être utilisé qu'avec un moteur sur lequel les deux extrémités de chacun des trois enroulements statoriques sont ramenées sur la plaque à bornes. Par ailleurs, le bobinage doit être réalisé de telle sorte que le couplage triangle corresponde à la tension du réseau : par exemple, pour un réseau triphasé 380 V, il faut un moteur bobiné en 380 V triangle et 660 V étoile.

Le principe consiste à démarrer le moteur en couplant les enroulements en étoile

sous la tension réseau, ce qui revient à diviser la tension nominale du moteur en étoile par  $\sqrt{3}$  (dans l'exemple ci-dessus, la tension réseau 380 V = 660 V/ $\sqrt{3}$ ).

La pointe de courant de démarrage est divisée par 3 :

$$I_{\text{démarrage}} = 1.3 \text{ à } 2.6 I_{\text{nominal}}$$

En effet, un moteur 380 V/660 V couplé en étoile sous sa tension nominale 660 V absorbent un courant  $\sqrt{3}$  fois plus faible qu'en couplage triangle sous 380 V. Le couplage étoile étant effectué sous 380 V, le courant est divisé une nouvelle fois par  $\sqrt{3}$  donc au total par 3.

Le couple de démarrage étant proportionnel au carré de la tension d'alimentation, il est lui aussi divisé par 3 :

$$T_{\text{démarrage}} = 0.5 \text{ à } 0.7 I_{\text{nominal}}$$

La vitesse du moteur se stabilise quand les couples moteur et résistant s'équilibrent, généralement entre 75 et 85 % de la vitesse nominale.

Les enroulements sont alors couplés en triangle et le moteur rejoint ses caractéristiques naturelles. Le passage du couplage étoile au couplage triangle est commandé par un temporisateur. La fermeture du contacteur triangle s'effectue avec un retard de 30 à 50 millisecondes après l'ouverture du contacteur étoile, ce qui évite un court-circuit entre phases, les deux contacteurs ne pouvant être fermés simultanément.

Le courant qui traverse les enroulements est interrompu à l'ouverture du contacteur étoile. Il se rétablit à la fermeture du contacteur triangle.

Ce passage en triangle s'accompagne d'une pointe de courant transitoire très brève mais très importante, due à la force contre-électromotrice du moteur.

Le démarrage étoile-triangle convient aux machines qui ont un faible couple résistant ou qui démarrent à vide (ex : machine à bois). Pour limiter ces phénomènes transitoires, des variantes peuvent être nécessaires, au-delà d'une certaine puissance. L'une consiste en une temporisation de 1 à 2 secondes au passage étoile-triangle.

Cette temporisation permet une diminution de la force contre-électromotrice, donc de la pointe de courant transitoire.

Ceci ne peut être utilisé que si la machine a une inertie suffisante pour éviter un ralentissement trop important pendant la durée de la temporisation.

#### IV.2.4 démarrage statorique :

##### IV.2.4.1 Couplage et procédure de commutation :

Dans ce mode de démarrage, le couplage des enroulements du moteur n'est pas modifié. Il n'est donc pas nécessaire que les deux extrémités de chaque enroulement soient sorties sur la plaque à bornes.

La valeur de la résistance est calculée en fonction de la pointe de courant au démarrage à ne pas dépasser, ou de la valeur minimale du couple de démarrage nécessaire compte tenu du couple résistant de la machine entraînée. En général, les valeurs de courant et de couple de démarrage sont :

$$- I_{\text{démarrage}} = 4.5 I_{\text{nominale}}$$

$$- C_{\text{démarrage}} = 0.75 T_{\text{nominale}}$$

Ce mode de démarrage présente des caractéristiques comparables à celle de

démarrage étoile-triangle. Cependant, il n'y a pas de coupure de l'alimentation du moteur entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>em</sup> temps de démarrage, comme c'est le cas lors de basculement du coupure étoile à triangle. Le démarrage statorique consiste à mettre en série temporaire un ou plusieurs groupes de résistances additionnelles avec le stator.

Ce démarrage peut être associé au dispositif du démarrage étoile-triangle. On démarre le moteur en étoile, puis on le fait passer en couplage triangle avec association de résistances en série, et enfin en court-circuite les résistances pour terminer en couplage triangle direct.

Ce procédé de démarrage convient aux machines dont le couple de démarrage est plus faible que le couple nominale  $T_{nominale}$ . Le couple maximum délivré par le moteur étant proportionnelle au carré de la tension d'alimentation, toute diminution de celle-ci entraîne une diminution du couple moteur.

### IV.3 CHOIX DU TYPE DE DEMARRAGE:

Le choix est guidé par des critères économiques et techniques :

- Les caractéristiques mécaniques
- Les performances recherchées
- La nature du réseau d'alimentation électrique
- L'utilisation du moteur existant dans le cas d'un rééquipement
- La politique de maintenance de l'entreprise
- Le cout de l'équipement

Le choix du type de démarrage sera lié :

- Au type d'utilisation : souplesse au démarrage
- A la nature de la charge à entraîner
- Au type de moteur asynchrone
- A la puissance de la machine
- A la puissance de la ligne électrique
- A la gamme de vitesse requise pour l'application

### IV.4. DEMARRAGE DIRECT D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE AVEC UN SEUL SENS DE ROTATION :

Les schémas suivant permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau ( démarrage direct d'un moteur avec un seul sens de rotation). Le moteur est commandé par un bouton marche et un bouton d'arrêt, l'arrêt est prioritaire. Le schéma puissance est constitué principalement d'un sectionneur, d'un contacteur et d'un relais thermique. Le schéma de commande en basse tension comprend un transformateur et ses protections. Ce montage est aussi équipé de voyants (optionnels)

Le démarrage direct constitue la méthode la plus fréquemment utilisée dans industrie pour le démarrage des moteurs triphasés.

La popularité de cette technique s'explique par sa simplicité et son coût d'installation. Dans ce type de démarrage, la pointe du courant de démarrage est importante  $I_d = 5 \text{ à } 8 I_n$  et le couple de démarrage est en moyenne  $T_d = 0,5 \text{ à } 1,5 T_n$ . Ce type de démarrage est utilisé pour les moteurs de moyenne puissance  $P_{moy} \leq 1,5 \text{ kW}$ .

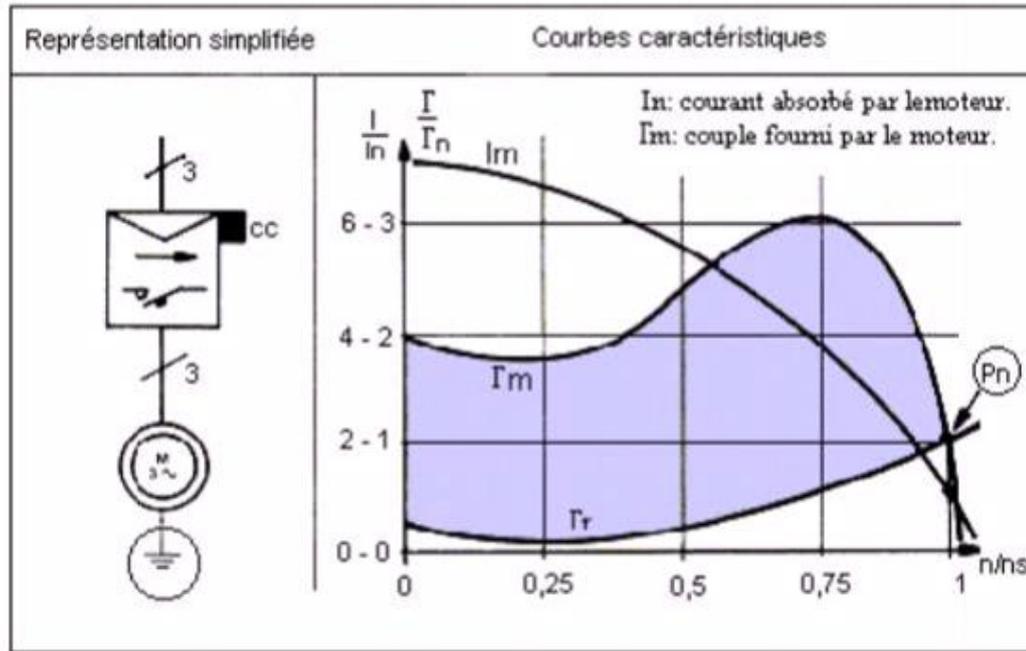


Figure IV.2. Courbes caractéristiques du couple électromagnétique et de l'intensité du courant en fonction de la vitesse de rotation du démarrage direct d'un MAS

On désire commander un moteur asynchrone triphasé selon le circuit de puissance ci-dessous appelé aussi un « départ moteur »

Dans un départ moteur il faut réaliser les quatre fonctions suivantes :

- ✓ Sectionnement pour mettre « hors tension » le circuit du moteur (on utilise pour cette fonction des Sectionneurs ou des interrupteurs sectionneurs...)
- ✓ Commande pour démarrer et arrêter le moteur (on utilise pour cette fonction des Contacteurs)
- ✓ Protection contre les surcharges (on utilise pour cette fonction des Relais thermiques...)
- ✓ Protection contre les court-circuits (on utilise pour cette fonction des fusibles, des disjoncteurs,...).

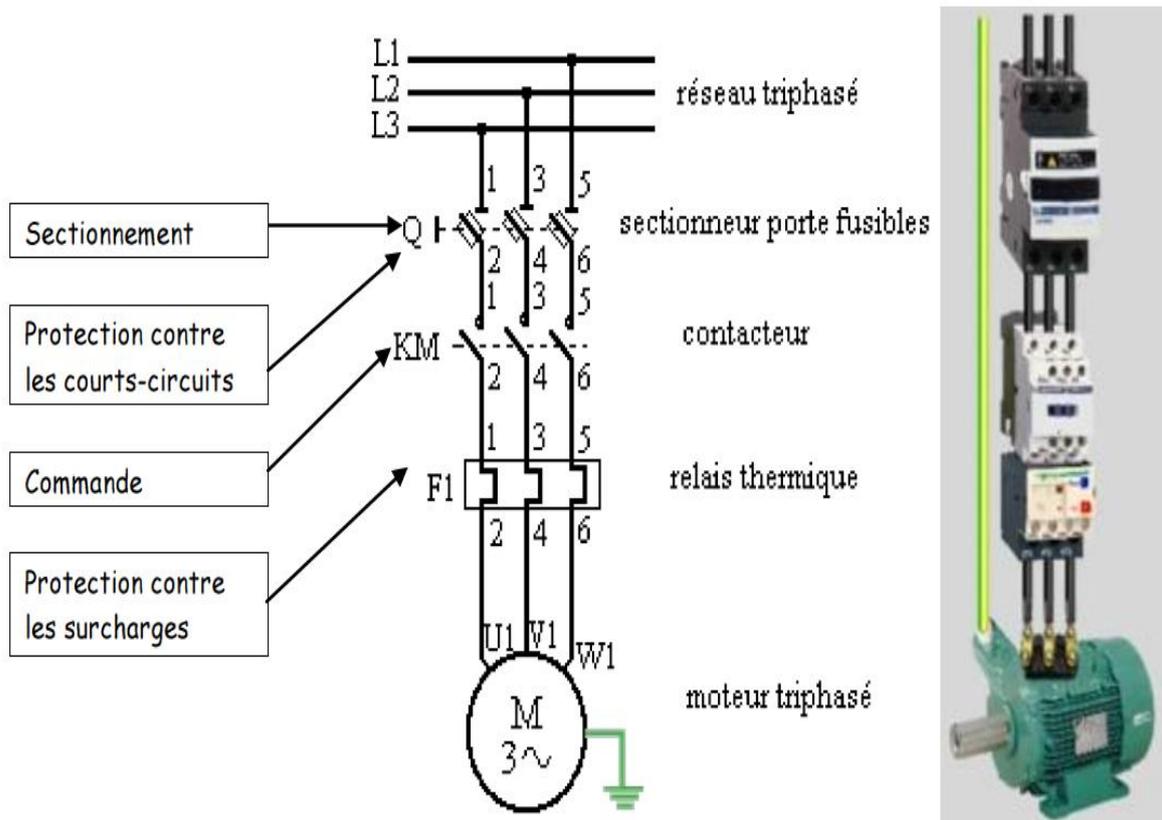


Figure IV.3. Schéma de puissance du démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé.

#### IV.4.1. Principe de fonctionnement :

C'est le procédé de démarrage le plus simple, en effet les enroulements du stator sont couplés directement sur le réseau, le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.

#### IV.4.2. Schéma de puissance et de commande :

#### IV.4.3. Fonctionnement :

##### IV.4.3.1. Circuit de puissance

- ✓ Fermeture manuelle de Q1 ;
- ✓ Fermeture de KM1, mise sous tension du moteur.

##### IV.4.3.2. Circuit de commande

- Impulsion sur S2 Excitation du KM1 ;
- Auto maintien du contact 13-14 du KM1.

##### Arrêt :

- Par impulsion sur S1 ;
- Par déclenchement de relais de protection, contact 95-96, par fusion du fusible.

##### IV.4.3.3. Protection :

- Disjoncteur magnétothermique assure à la fois la protection contre le court-circuit et contre les surcharges par ouverture rapide du circuit en défaut. De même la

protection peut être assurée par fusible de type aM, contre les court-circuits et par relais thermique, contre les surcharges.

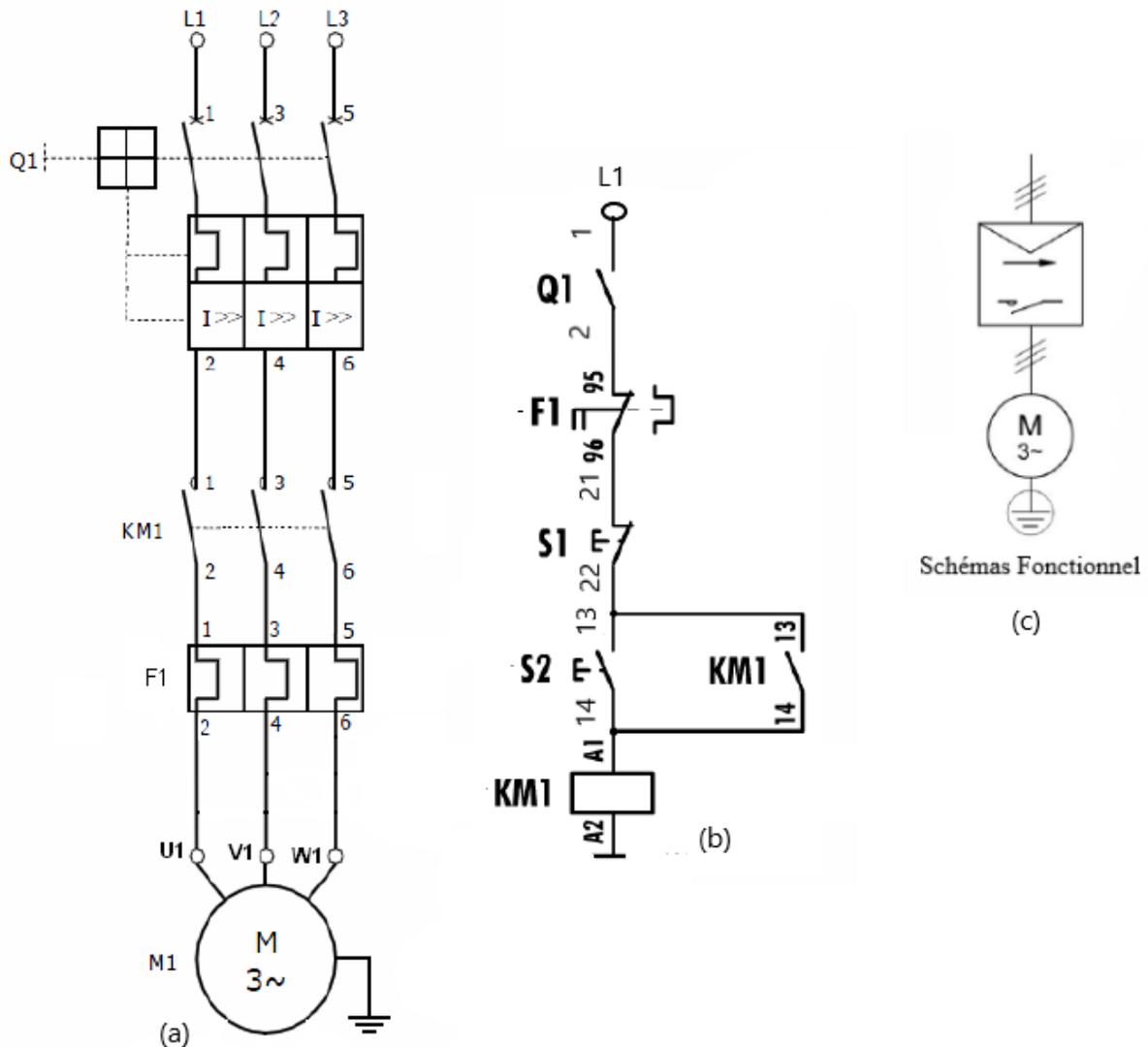


Figure IV.4. Schéma de puissance (a), de commande (b) et fonctionnel (c) du démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé.

#### IV.4.4. Avantages

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble) ;
- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut Accepter une mise en rotation rapide ;
- Le couple de démarrage doit être élevé.

#### IV.4.5. Inconvénients :

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension ;
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux ;
- Le confort et la sécurité des usagers sont mis en cause (escalier mécanique).

**IV.4.6. Domaine d'utilisation :**

- Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissances devant celle du réseau, ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive.

**IV.5. DEMARRAGE DIRECT D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE AVEC DEUX SENS DE MARCHE :**

**IV.5.1 Introduction :**

Les schémas suivant permettent d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau ( démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé avec deux sens de rotation). L'arrêt s'effectue en appuyant sur un bouton poussoir S1 et la mise en marche dans le sens 1 s'effectue en appuyant sur un bouton poussoir S2 et dans le sens 2 en appuyant sur un bouton poussoir S3.

**IV.5.2 Schémas de raccordement :**

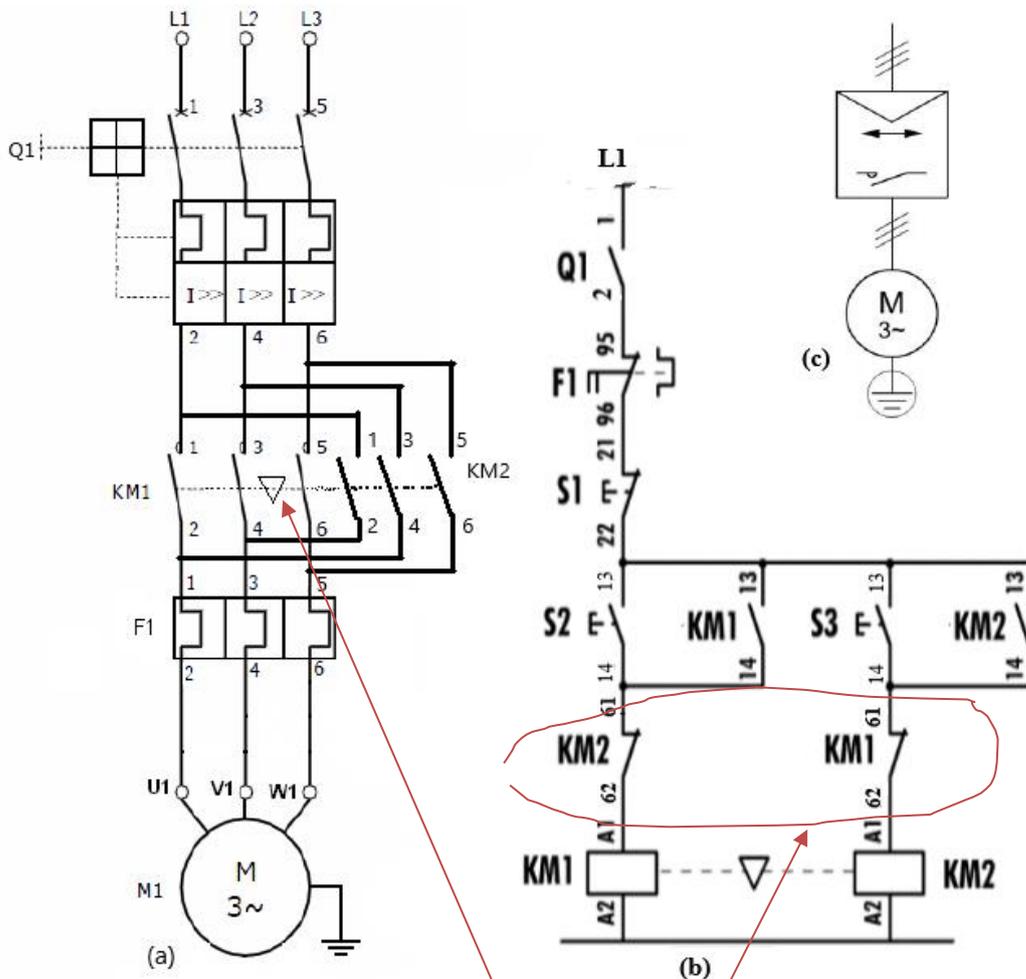


Figure IV.5 du démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé avec deux sens de marche.

**Remarque :** Un verrouillage **mécanique** est nécessaire pour éviter le court-circuit entre les deux phases dans le cas où les contacteurs KM1 et KM2 seraient fermés ensemble, il existe aussi le verrouillage **électrique**.

### IV.5.3. Fonctionnement :

#### IV.5.3.1. Circuit de puissance :

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM1, mise sous tension du moteur et 1<sup>er</sup> sens de rotation
- Ouverture du KM1, arrêt du moteur
- Fermeture de KM2, mise sous tension du moteur et 2<sup>eme</sup> sens de rotation

#### IV.5.3.2. Circuit de commande :

- Impulsion sur S2
- Excitation du KM1, 1<sup>er</sup> sens de rotation
- Auto maintien du contact 13-14 du KM1
- Impulsion sur S1
- Désexcitation du KM1
- Ouverture du contact 13-14 du KM1, arrêt du moteur
- Impulsion sur S3
- Excitation du KM2, 2<sup>eme</sup> sens de rotation
- Auto maintien du contact 13-14 du KM2

#### IV.5.3.3. Arrêt :

- Par impulsion sur S1
- Par déclenchement du relais de protection, contact 95-96
- Par fusion du fusible

### IV.5.4. Protection :

- Par disjoncteurs magnétothermique ou par sectionneur porte fusible de type aM, contre les court-circuits.
- Par relais thermique contre les surcharges.
- Un verrouillage électrique par deux contacts auxiliaires, contact 61-62 du KM1 et contact 61-62 du KM2).

### IV.5.5. Avantages et inconvénients :

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, coût faible), le démarrage direct convient dans les cas ou :

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble).
- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide.
- Le couple de démarrage doit être élevé.

Ce démarrage ne convient pas si :

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension.
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux.
- Le confort et la sécurité des usagers sont mis en cause (escalier mécanique).

## IV.6. DEMARRAGE ETOILE-TRIANGLE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE :

Un moteur asynchrone possède un couple important et peut absorber 4 à 8 fois son intensité nominale au démarrage, ce qui risque de provoquer des perturbations sur le réseau électrique, chute de tension et déclenchement de protection.

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.

Pour le démarrage, les enroulements du moteur sont couplés en étoile avec le réseau. La tension aux bornes de chaque enroulement est ainsi réduite par un facteur  $1/\sqrt{3}=0,58$ . Avec ce couplage, le couple de démarrage atteint environ 30% de la valeur obtenue avec un couplage en triangle. A l'enclenchement, le courant est réduit à un tiers du courant avec enclenchement direct.

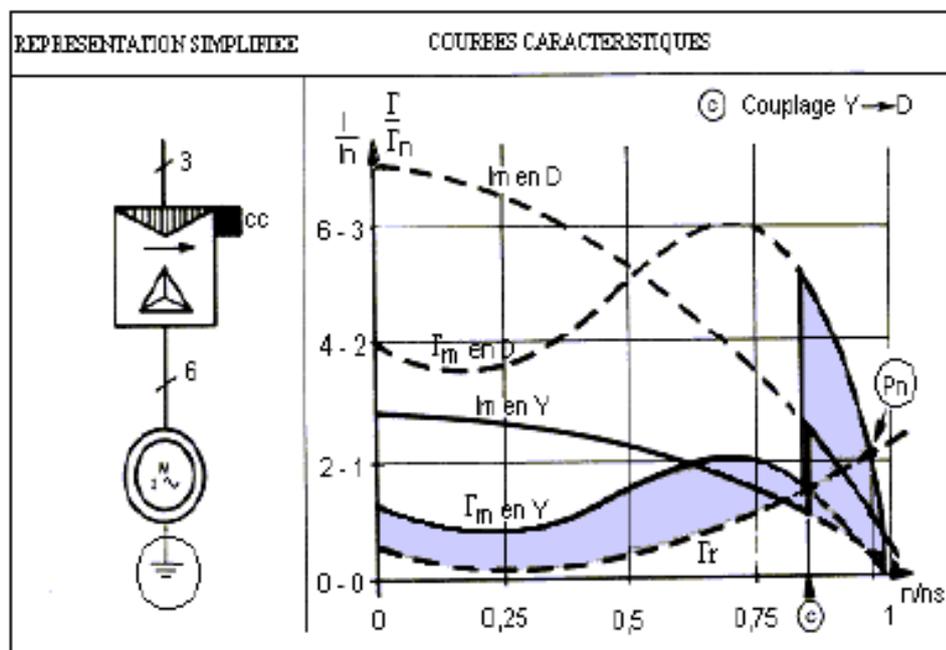


Figure IV.6. Courbes caractéristiques du couple électromagnétique et de l'intensité du courant en fonction de la vitesse de rotation du démarrage Etoile-Triangle d'un MAS

### IV.6.1. Fonctionnement du système:

- **1er temps:** Les enroulements sont couplés en étoile, la tension est réduite aux bornes de chaque enroulement.
- **2eme temps:** Suppression du couplage étoile puis (après temporisation) on couple les enroulements du moteur en triangle chaque enroulement est maintenant soumis à la tension réseau.

Le démarrage étoile triangle est très utilisé en électrotechnique pour la mise en marche des moteurs électriques asynchrones triphasés. On trouve assez facilement des ressources libres de schémas électriques de démarrage étoile-triangle.

IV.6.2. Schémas de raccordement :

IV.6.2.1. Schéma de puissance :

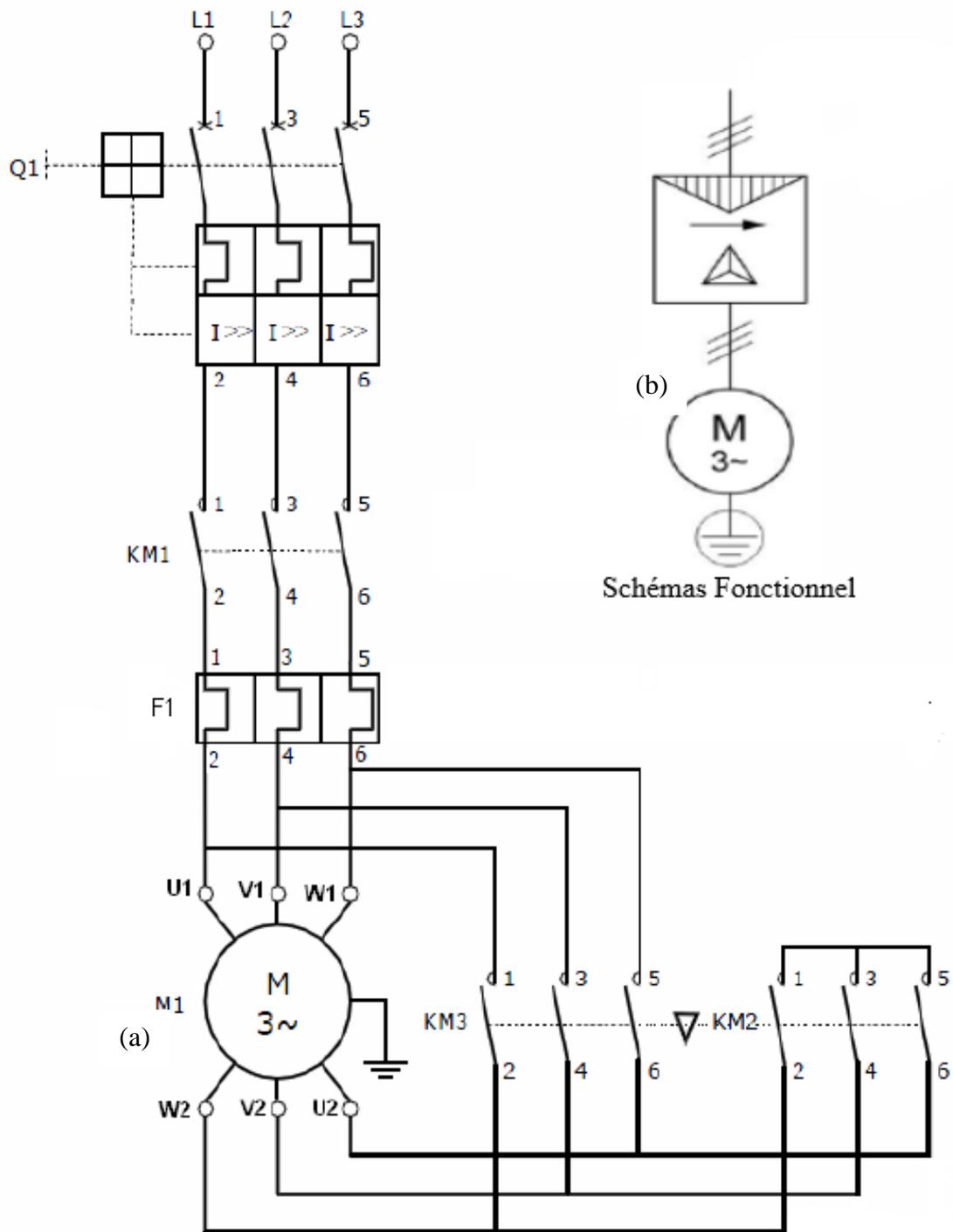


Figure IV.7. Schéma de puissance (a) et fonctionnel (b) du démarrage Etoile-Triangle d'un moteur asynchrone triphasé.

IV.6.2.2. Schéma de commande :

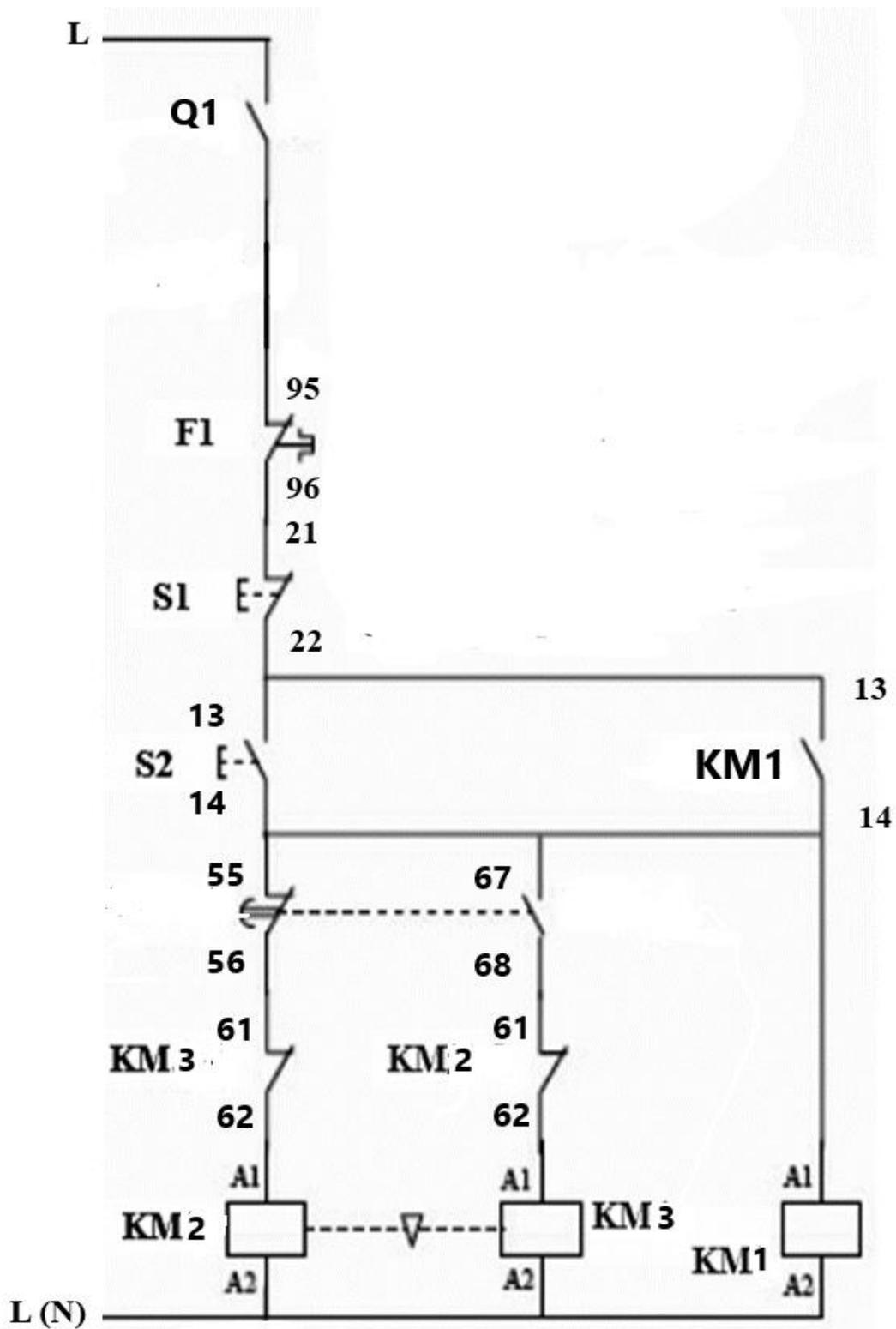


Figure IV.8. Schéma de commande du démarrage étoile-triangle d'un moteur asynchrone

**IV.6.2.3. Fonctionnement :***IV.6.2.3.1. Circuit de puissance*

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM1
- Fermeture de KM2
- Ouverture de KM2
- Fermeture de KM3

*IV.6.2.3.2. Circuit de commande*

- Impulsion sur S2 ;
- Commutation de KM2 (couplage étoile) ;
- Fermeture du contact 13-14 du KM3 ;
- Alimentation du moteur par KM1 ;
- Fermeture du contact 13-14 du KM1 ;
- Déclenchement retardé des contacts auxiliaires (55-56 et 67-68) de KM1 ;
- Ouverture du contact 55-56 ;
- Puis fermeture du contact 67-68 ;
- Commutation de KM3 (couplage triangle) et l'arrêt de KM2 par l'ouverture du contact 61-62 de KM3.

✓ **Arrêt :**

- Par impulsion sur S1
- Par déclenchement du relais de protection, contact 95-96
- Par fusion du fusible

**IV.6.2.4. Protection :**

- Par le Disjoncteur Magnétothermique (Q1) contre les court-circuits et les surcharges.
- Par relais thermique (F1) contre les surcharges faibles et prolongées
- Un verrouillage entre le contacteur KM1 et KM2 pour éviter le court-circuit
- Un verrouillage électrique par deux contacts auxiliaires, l'un pour la branche étoile et l'autre pour la branche triangle (contact 61-62 du KM2 et KM3)

**IV.6.2.5. Avantages :**

- Appel du courant en étoile réduit au tiers de sa valeur en direct;
- Simplicité de branchement d'appareillage.

**IV.6.2.6. Inconvénients :**

- Couple réduit au tiers de sa valeur en direct;
- Coupure entre les positions étoile et triangle d'où l'apparition de phénomène transitoire.

#### **IV.6.2.7. Utilisations du démarrage étoile-triangle :**

Le démarrage étoile triangle est très utilisé en électrotechnique pour la mise en marche des moteurs électriques asynchrones triphasés utilisé sur tous les moteurs à cage d'écureuil, des moteurs ayant un couple de démarrage élevé, et dans tous les cas supérieurs au couple résistant, permettant d'atteindre une vitesse suffisante en couplage étoile.

A cause du couple de démarrage réduit, la commutation étoile-triangle convient bien aux entraînements avec une grande masse mobile, mais peu à ceux avec un couple résistant augmentant avec la vitesse. Elle est donc utilisée de préférence dans les applications où l'entraînement est soumis à une charge seulement après l'accélération

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] A. Laifaoui : « Support de cours de Schémas et appareillages électriques » Université de Béjaia 2017
- [2] H. Ney, « Schémas d'Electrotechnique», Nathan, Edition 2002
- [3] N. Benaired ‘’ Support de cours de Normes et schémas électriques » Centre universitaire de Relizane
- [4] H. Ney, « Technologie d'électrotechnique 1e et Tle Bac pro : Tome 1, Distribution de l'énergie, Utilisation de l'énergie », Nathan Technique, Édition 2010.
- [5] EL MARIAMI « Support de cours de Constructions électrique » Université internationale de Casablanca. Maroc
- [6] R. METATLA « Normes et schémas électriques » IAP, Ecole de Skikda
- [7] T. Gallauziaux et David Fedullo, « Mémento de schémas électriques», Tome 1 : Eclairages, prises, commandes dédiées », Paris : Eyrolles, 2016.
- [8] T. Gallauziaux et David Fedullo, « Mémento de schémas électriques, Tome 2 : Chauffage, Protection, Communication », Paris : Eyrolles, 3e edition, 2014.
- [9] T. Gallauziaux et David Fedullo, « Installer un tableau électrique », Paris : Eyrolles, Edition 2009.
- [10] Site internet <http://www.positron-libre.com>
- [11] Sources : CEI [[www.iec.ch](http://www.iec.ch)], CENELEC [[www.cenelec.eu](http://www.cenelec.eu)], UTE [[www.ute-fr.com](http://www.ute-fr.com)]
- [12] Y.Pelenc « Appareillage Electrique HT » Techniques de l'Ingénieur, traité, Génie électrique D4700a.
- [13] L. Féchant L, « Appareillage électrique à BT, Appareils de distribution », Techniques de l'Ingénieur, traité, Génie électrique, D 4 865.
- [14] T. Gallauziaux et D. Fedullo, « Mémento de schémas électriques, Tome 2 : Chauffage, Protection, Communication », Paris : Eyrolles, 3eme édition, 2014.
- [15] [https://sti2d.ecolelamache.org/partie\\_2protection\\_des\\_matriels\\_lectriques.html](https://sti2d.ecolelamache.org/partie_2protection_des_matriels_lectriques.html)
- [16] <https://www.pinterest.fr/pin/806285139510644298/>
- [17] <http://disjoncteur.over-blog.com/article-les-caracteristiques-visible-sur-un-disjoncteur-61643506.html>

**Semestre: 5**  
**Unité d'enseignement: UEM 3.1**  
**Matière 1: Schémas et Appareillage**  
**VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TP: 1h00)**  
**Crédits: 3**  
**Coefficient: 2**

**Objectifs de l'enseignement:**

Apprendre les différents types d'appareillages de protection et commande des installations électriques ainsi que la réalisation d'une installation électrique.

**Connaissances préalables recommandées:**

Notions d'électricité fondamentale, d'électrostatique et de magnétostatique de base.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre Chapitre I: Appareillage électrique**

- Les interrupteurs (définition, rôle et caractéristique)
- Les commutateurs (définition, rôle et caractéristique)
- Le sectionneur (définition, rôle et caractéristique)
- Le contacteur (définition, rôle et caractéristique)
- Fusibles (rôle et fonctionnement, types, équations).
- Relais thermique (définition, rôle, type et caractéristiques).
- Relais électromagnétique (définition, rôle, type et caractéristiques).
- Disjoncteurs (définition, rôle, types et caractéristiques).
- Les capteurs actifs et passifs : symboles, rôles et utilisations

**Chapitre II: Élaboration des schémas électriques**

- Symboles normalisés de l'appareillage électrique.
- Classification des schémas selon le mode de représentation.
- Conventions et normalisation.
- Règles et normes d'établissement d'un schéma électrique

**Chapitre III. Circuits d'éclairage**

- III.1. Montage simple allumage
- III.2. Montage double allumage
- III.3. Montage va et vient
- III.4. Allumage par télérupteur
- III.5. Allumage par minuterie
  - III.5.1. Principe d'une minuterie raccordée en 4 fils
  - III.5.2. Principe d'une minuterie raccordée en 3 fils

**Chapitre IV. Trois modes de commande d'un moteur électrique**

- IV.1. Démarrage direct à un seul sens de rotation
- IV.2. Démarrage direct moteur avec double sens de rotation
- IV.3. Démarrage étoile triangle

**Travaux Pratiques**

**TP1 : Les principaux montages pour l'éclairage:**

Montage de prise de courant, montage simple allumage, montage double allumage, montage Va et Vient, montage avec télérupteur, montage avec minuterie

**TP2 : La commande manuelle d'un contacteur et de deux contacteurs :**

Par interrupteur, par bouton poussoir, à distance par deux boutons à impulsions, à distance par plusieurs boutons poussoirs.

**TP3 : Démarrage d'un moteur asynchrone triphasé à cage un seul sens de marche**

**TP4 : Démarrage d'un moteur asynchrone deux sens de marche**

**TP5 : Démarrage étoile/triangle d'un moteur asynchrone**