

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Ksar-Hellal



Cours installation électrique

2^{ème} année Génie Mécanique – 2^{ème} Semestre

Préparé par

Mr Hassene Bedoui

A.U : 2009 – 2010

Sommaire

01-Installation électrique

02-Appareillage électrique

03-Dimensionnement d'une installation

04-Sélectivité et coordination d'une installation

05-Protection des personnes

06-Commande des machines

Schéma électrique industrielle

1 Définition

Un schéma électrique représente, à l'aide de symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement qui sont reliées et connectées fonctionnellement. Un schéma électrique à pour but :

- d'expliquer le fonctionnement de l'équipement (il peut être accompagné de tableaux et de diagramme) ;
- de fournir les bases d'établissement des schémas de réalisation ;
- de faciliter les essais et la maintenance.

1

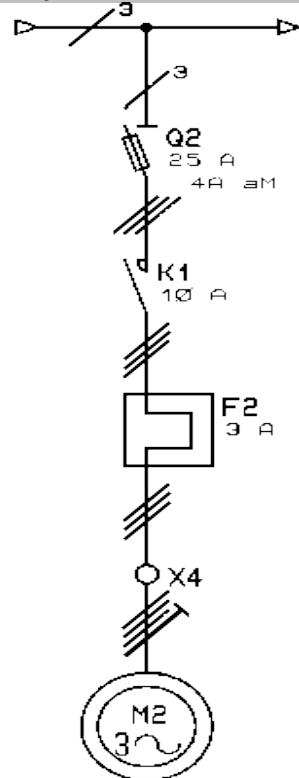
2 Classification des schémas selon le mode de représentation

2.1 Selon le nombre de conducteurs

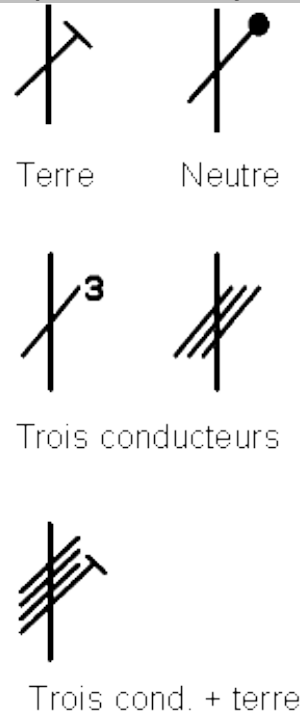
Représentation unifilaire

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.

Exemple d'un schéma unifilaire



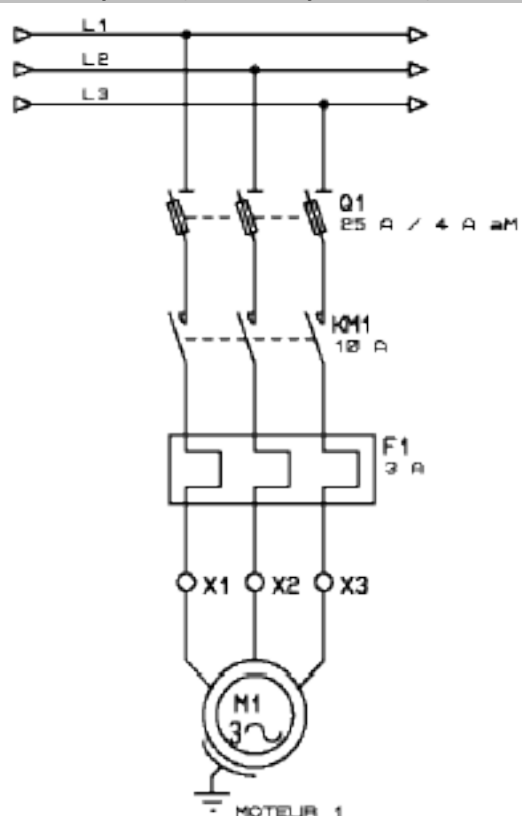
Symboles utilisés pour la représentation unifilaire



Représentation multifilaire

Chaque conducteur est représenté par un trait

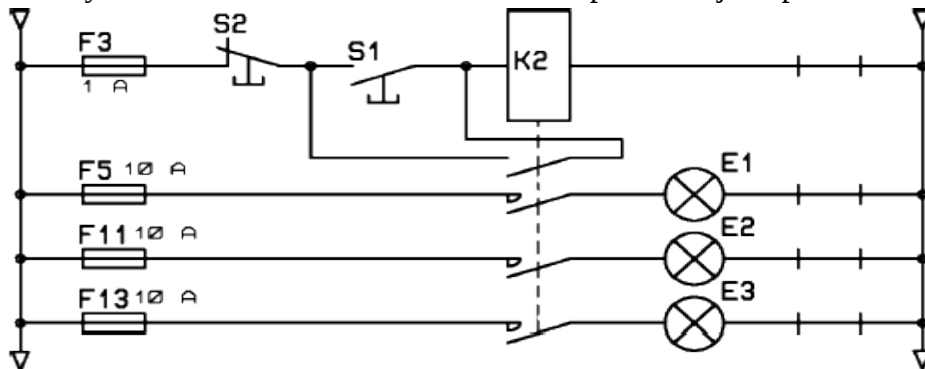
Exemple : démarrage direct d'un moteur triphasé (circuit de puissance).



2.2 Selon l'emplacement des symboles

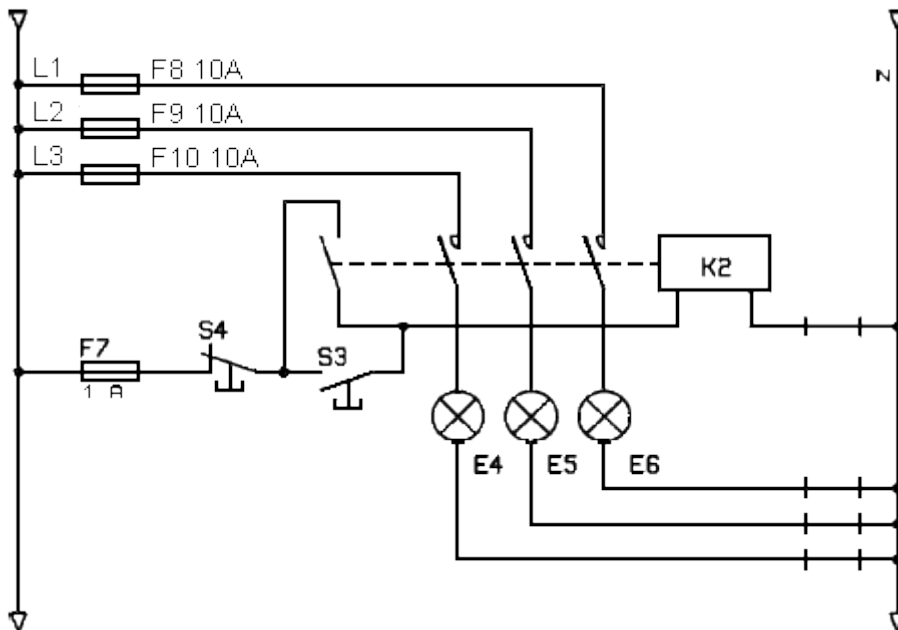
Représentation assemblée

Les symboles des différents éléments sont représentés juxtaposés sur le schéma.



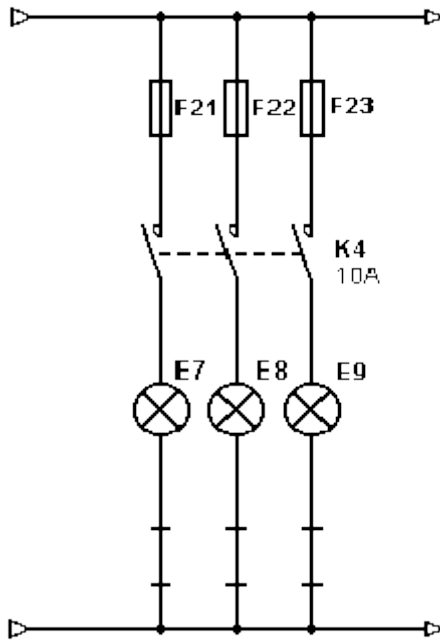
Représentation rangée

Les symboles des différents éléments sont séparés et disposés de façon que l'on puisse tracer facilement les symboles des liaisons mécaniques entre différents éléments qui manœuvrent ensemble (la bobine K2 et ses contacts sont dessinés juxtaposés).



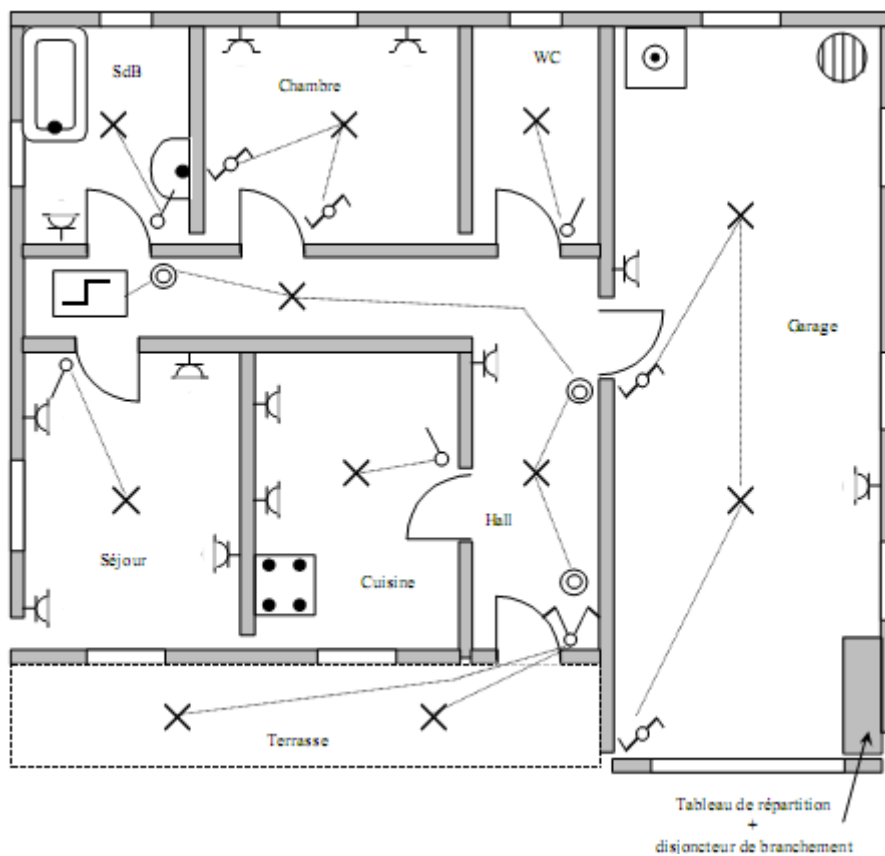
Représentation développée

Les symboles des différents éléments 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.



2.3 Représentation topographique

La représentation des symboles rappelle la disposition réelle des matériels dans l'espace.
Exemple : schéma architecturaux, plan ou schéma d'implantation.



3 Identification des éléments

3.1 Définition

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

3.2 Principe de l'identification

4



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

3.3 Identification de la sorte d'élément

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	Éclairage, 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, thermistance.
S	Appareils mécaniques de connexion pour circuit de	Boutons poussoirs, interrupteur fin

	commande.	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.

3.4 Identification de la fonction de l'élément

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

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	vitesse
+	Augmentation	SY	Synchronisation
-	Diminution	U	Tension
INC	Incrémentation	Y	Étoile (couplage)
DEC	Décrémentation	W	Vitesse angulaire

4 Identification des bornes d'appareils

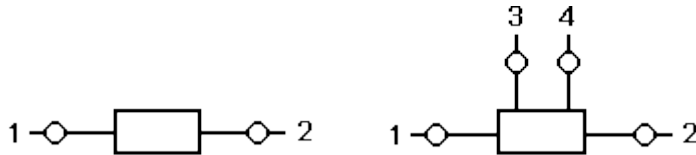
Il est fondé sur une notation alphanumérique employant des lettres majuscules et des chiffres. Les lettres I et O ne doivent pas être utilisées (pour éviter les confusions I 1 et O 0).

4.1 Principe de marquage pour les bornes

Pour un élément simple

Les deux extrémités d'un **élément simple** sont distinguées par des nombres de référence successifs, par exemple 1 et 2.

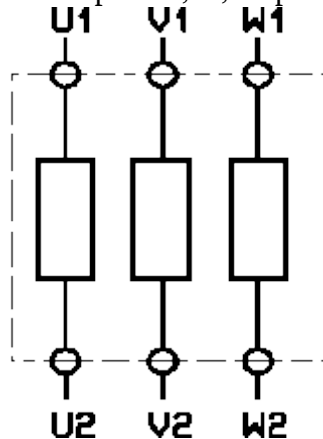
S'il existe des points intermédiaires à cet élément, on les distingue par des nombres supérieurs en ordre normalement croissant à ceux des extrémités.



Pour un groupe d'élément

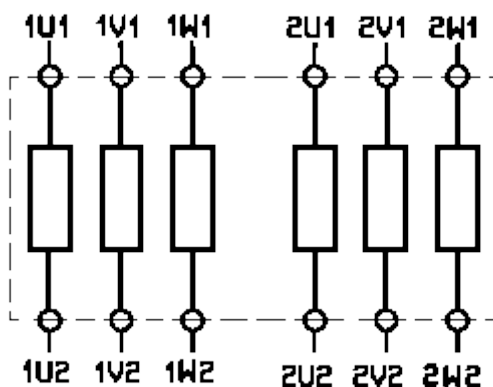
Pour un groupe d'éléments semblables, les extrémités des éléments seront désignées par des lettres de référence qui précéderont les nombres de référence indiqués au paragraphe précédente.

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



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.



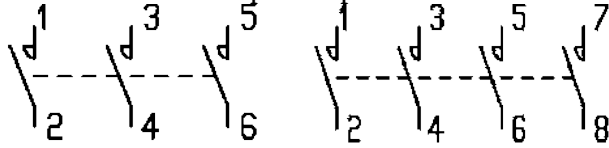
Lettres de référence

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

4.2 Principe de marquage des contacts

Contacts principaux

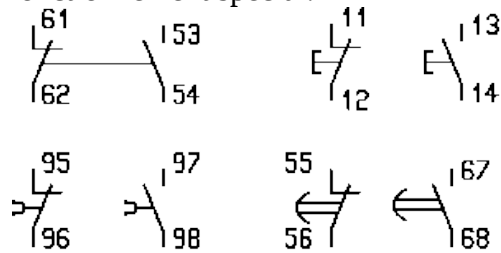
Les bornes sont repérées par un seul chiffre de 1 à 6 (tripolaire), de 1 à 8 (tétrapolaire).



7

Contacts auxiliaires

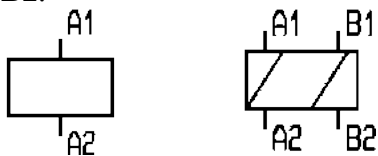
Ils sont repérés par un nombre de deux chiffres. Le chiffre des unités indique la fonction du contact : 1-2, contact à ouverture ; 3-4, contact à fermeture ; 5-6, 7-8, contact à fonctionnement spécial.



Le chiffre des dizaines indique le numéro d'ordre de chaque contact auxiliaire de l'appareil.

Organe de commande

On utilise A1 et A2. Pour deux enroulements (ex : relais bistable) on utilisera A1-A2 et B1-B2.



Marquages particuliers

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

Tableau des marquages particuliers des bornes d'appareil

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	

5 Repérage des conducteurs sur les schémas

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

Tableau des marquages des conducteurs 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	
-----		-----	-----
Système 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	

Normes de sécurité électrique

Les origines des dangers et ainsi également les mesures techniques servant à les éviter peuvent être très différentes. C'est pourquoi on distingue différents types de sécurité, par exemple par l'indication de l'origine de dangers possibles.

Une machine à entraînement électrique doit être conçue, montée et équipée de manière à ce que tous les dangers dus à l'électricité soient ou puissent être évités. Le risque électrique le plus fréquent est l'électrocution. Le courant électrique peut entraîner des lésions irréversibles sur le système nerveux et musculaire, ainsi que des effets thermiques. En outre, les surcharges, arcs électriques ou décharges statiques peuvent causer des incendies.

Les machines doivent être équipées de manière à éviter un contact direct avec un conducteur électrique ou des composants conducteurs qui sont habituellement sous tension. Le fabricant doit également prévenir les dangers liés à un contact indirect avec une masse ou un composant accidentellement sous tension.

Les normes suivantes font partie des normes les plus importantes en termes de sécurité électrique :

- [EN 60204 : sécurité des machines – équipement électrique des machines](#)
- [EN 60947-5 : Relais basse tension](#)
- [NFPA 79 : Electrical Standard for Industrial Machinery](#)

6 Sécurité électrique selon la norme EN 60204

La norme EN 60204-1 décrit les exigences qui s'appliquent à l'équipement électrique de machines et d'installations. Les mesures contre un contact direct ou indirect avec des composants sous tension sont ainsi décrites de la même manière que des marquages de couleur pour conducteurs et éléments de commande.

La norme EN 60204-1 est listée en tant que norme B dans la directive machines et la directive basse tension

❖ Protection contre les contacts directs et indirects

Les contacts du personnel opérateur avec des parties sous tension sont généralement évités grâce à des boîtiers qui offrent une protection appropriée. Dans le cadre de travaux internationaux de normalisation, des indices de protection ont été fixés pour les boîtiers. Le niveau de protection dépend des dangers et du type d'environnement de travail.

- **Les conducteurs électriques** sont isolés.
- **Les schémas de raccordement** sont conçus de manière à pouvoir éviter des dangers dus à un contact indirect. Les éléments de commande de machines ainsi que les dispositifs de redémarrage des relais de protection pour le personnel de production doivent être agencés de manière à pouvoir être actionnés dans danger de contact avec des éléments dénudés sous tension.

- **Les dispositifs de redémarrage** sont agencés de manière à ce que le dispositif d'actionnement se trouve en dehors du boîtier dans lequel se trouvent les composants sous tension.

La prise en compte de ces règles est bien entendu beaucoup plus compliquée pour le personnel en charge de l'entretien. Le fabricant de la machine doit faire tous les efforts possibles pour prendre en compte l'aspect de la sécurité électrique en ce qui concerne les travaux de réparation prévus sur une machine.

❖ **Protection contre la surintensité**

Les machines doivent être protégées contre la surintensité, c'est-à-dire contre des courants supérieurs au courant nominal. Cela comprend l'ensemble des surintensités dans un circuit électrique intact et tous les courants de court-circuit défectueux du fait d'une impédance insignifiante entre des emplacements avec une tension différente. La protection contre la surintensité est assurée par des fusibles ou des disjoncteurs.

❖ **Mise à la terre**

Les différentes parties d'une machine sont reliées entre elles sur la masse et avec le bornier de mise à la terre général.

De manière générale, la mise à la terre a lieu par l'intermédiaire d'un conducteur de protection intégré dans le câble de raccordement électrique de la machine. En cas de puissances élevées, le conducteur de mise à la terre peut être agencé à proximité immédiate du câble d'alimentation mais ne doit pas y être intégré.

Ces mesures de protection sont prises lorsque le conducteur ne peut pas être remplacé par le bâti de la machine. Elles ne doivent pas être appliquées lorsque les appareils électriques disposent d'une double isolation ou d'une isolation renforcée.

7 Sécurité électrique selon l'EN 60947-5

Généralités

La norme EN 60947-5-1 s'applique aux appareils de commande et aux éléments de commutation pour la commande d'équipements électriques. Elle s'applique aux appareils de commande avec une tension assignée jusqu'à 1000 V en tension alternative (jusqu'à 1000 Hz) ou jusqu'à 600 V en tension continue.

La norme traite des types d'appareils de commande spécifiques tels que :

- les commutateurs de courant auxiliaire dépendants de la température (thermostats);
- les commutateurs de position, par exemple les commutateurs de courant auxiliaire actionnés par une partie de la machine ou par un mécanisme ;
- les appareils affectés dans le circuit de commande, par exemple, les témoins lumineux.

Appareils de commande et éléments de commutation – relais d'arrêt d'urgence électronique à accrochage mécanique

La norme EN 60947-5-5 donne des informations détaillées sur la structure électrique et mécanique des appareils d'arrêt d'urgence équipés d'un accrochage mécanique ainsi que sur leur contrôle. Il s'applique aux circuits de commande électriques et aux éléments de commutation qui sont utilisés afin de fournir un signal d'arrêt d'urgence. De tels appareils doivent être installés, soit dans un même boîtier, soit conformément aux instructions du fabricant.

8 Sécurité électrique selon la norme NFPA 79

Le standard NFPA (national fire protection association) a développé la norme NFPA 79 pour l'espace US américain qui est équivalent à la norme EN 60204-1. Cette norme décrit les exigences qui s'appliquent à l'équipement électrotechnique de machines.

❖ Protection contre les contacts directs et indirects

Les contacts du personnel opérateur avec des parties sous tension sont généralement évités grâce à des boîtiers qui offrent une protection appropriée. Dans le cadre de travaux internationaux de normalisation, des indices de protection ont été fixés pour les boîtiers. Le niveau de protection dépend des dangers et du type d'environnement de travail.

- **Les conducteurs électriques** sont isolés. Les schémas de raccordement sont conçus de manière à pouvoir éviter des dangers dus à un contact indirect.
- **Les éléments de commande de machines ainsi que les dispositifs de redémarrage des relais de protection** pour le personnel de production doivent être agencés de manière à pouvoir être actionnés sans danger de contact avec des éléments dénudés sous tension.
- **Les dispositifs de redémarrage** sont agencés de manière à ce que le dispositif d'actionnement se trouve en dehors du boîtier dans lequel se trouvent les composants sous tension.

La prise en compte de ces règles est bien entendu beaucoup plus compliquée pour le personnel en charge de l'entretien. Le fabricant de la machine doit faire tous les efforts possibles pour prendre en compte l'aspect de la sécurité électrique en ce qui concerne les travaux de réparation prévus sur une machine.

❖ Protection contre la surintensité

Les machines doivent être protégées contre la surintensité, c'est-à-dire contre des courants supérieurs au courant nominal. Cela comprend l'ensemble des surintensités dans un circuit électrique intact et tous les courants de court-circuit défectueux du fait d'une impédance insignifiante entre des emplacements avec une tension différente. La protection contre la surintensité est assurée par des fusibles ou des disjoncteurs.

❖ Mise à la terre

Les différentes parties d'une machine sont reliées entre elles sur la masse et avec le bornier de mise à la terre général. De manière générale, la mise à la terre a lieu par l'intermédiaire d'un conducteur de protection intégré dans le câble de raccordement électrique de la machine.

En cas de puissances élevées, le conducteur de mise à la terre peut être agencé à proximité immédiate du câble d'alimentation mais ne doit pas y être intégré.

Ces mesures de protection sont prises lorsque le conducteur ne peut pas être remplacé par le bâti de la machine. Elles ne doivent pas être appliquées lorsque les appareils électriques disposent d'une double isolation ou d'une isolation renforcée.

Les fonctions de l'appareillage électrique

1 Introduction

L'appareillage électrique n'est pas seulement une nécessité, il est une gêne, d'abord sur le plan financier de première installation : il coûte cher ; ensuite sur le plan de l'exploitation du matériel de production, de transport, ou d'utilisation; il exige des mises hors service pour révision, ou même à cause d'incidents dont les conséquences sont en général graves.

D'une manière générale, l'appareillage est donc destiné à assurer la continuité ou la discontinuité des circuits électriques. De sorte qu'on pourrait dire qu'il est constitué essentiellement de l'appareillage d'interruption. En fait, il faut voir d'un peu plus près ce qui entre dans ce terme générique et par conséquent, en étudier la classification.

Un premier mode de classification est fondé sur la tension : on distingue couramment :

- l'appareillage pour la basse tension :
 - très basse tension : TBT : 50 V en courant alternatif,
 - basse tension A : BTA : 500 V en courant alternatif,
 - basse tension B : BTB : 1000 V en courant alternatif,
- l'appareillage pour la haute tension :
 - haute tension A : HTA : 50000 V en courant alternatif,
 - haute tension B : HTB : 50000 V en courant alternatif.

Un second mode de classification est relatif à la fonction. On peut distinguer l'appareillage de manœuvre (sectionnement et commande) et l'appareillage de protection. Malheureusement, certains appareils ont le mauvais goût de se classer dans les deux catégories, par exemple les disjoncteurs. Il faut donc aller plus loin et citer différents type d'appareil:

2 Les fonctions de base

Le rôle de l'appareillage électrique est d'assurer la protection électrique, le sectionnement et la commande des circuits.

2.1 La protection électrique

Protection contre les surintensités

C'est la protection des biens (notamment canalisations et équipements) :

- contre les surcharges, les surintensités se produisant dans un circuit électriquement sain
- contre les courants de court-circuit consécutifs à un défaut dans un circuit entre plusieurs conducteurs.

Ces protections, en général assurées par des disjoncteurs, doivent être installées à l'origine de chaque circuit.

Protection contre les défauts d'isolement

C'est la protection des personnes. Selon le schéma de liaisons à la terre, la protection sera réalisée par disjoncteurs, dispositifs différentiels ou contrôleur d'isolement.

Protection contre les risques d'échauffement des moteurs

Ces risques sont dus par exemple à une surcharge prolongée, à un blocage du rotor ou à une marche en monophasé. La détection des surcharges est en général confiée à un relais

thermique, la protection contre les courts-circuits est assurée par un fusible ou par un disjoncteur sans relais thermique.

2.2 La commande des circuits

On regroupe généralement sous le terme "commande" toutes les fonctions qui permettent à l'exploitant d'intervenir volontairement à des niveaux différents de l'installation sur des circuits en charge.

Commande fonctionnelle

Destinée à assurer en service normal la mise "en" et "hors" tension de tout ou partie de l'installation, elle est située au minimum :

- à l'origine de toute installation
- au niveau des récepteurs.

Coupure d'urgence-arrêt d'urgence

La coupure d'urgence est destinée à mettre hors tension un appareil ou un circuit qu'il serait dangereux de maintenir sous tension. L'arrêt d'urgence est une coupure d'urgence destinée à arrêter un mouvement devenu dangereux. Dans les deux cas :

- le dispositif doit être aisément reconnaissable et rapidement accessible
- la coupure en une seule manœuvre et en charge de tous les conducteurs actifs est exigée
- la mise sous coffret de sécurité "bris de glace" est autorisée.

Coupure pour entretien mécanique

Cette fonction est destinée à assurer la mise et le maintien à l'arrêt d'une machine pendant des interventions sur les parties mécaniques, sans nécessiter sa mise hors tension.

2.3 Le sectionnement

Son but est de séparer et d'isoler un circuit ou un appareil du reste de l'installation électrique afin de garantir la sécurité des personnes ayant à intervenir sur l'installation électrique pour entretien ou réparation.

La norme NF C 15-100 § 462-1 et le "décret de protection des travailleurs" imposent que tout circuit électrique d'une installation puisse être sectionné.

La norme NF C 15-100 § 537-2 définit les conditions à respecter pour qu'un appareil remplisse la fonction de sectionnement :

- la coupure est omnipolaire (sauf le PEN),
- verrouillable en position « ouvert »,
- vérification de l'ouverture des contacts :
- soit visuelle (C 13-100),
- soit mécanique (coupure pleinement apparente).

♦ le sectionnement : ♦ à coupure pleinement apparente, ♦ à coupure visible.	♦ la commande : ♦ fonctionnelle, ♦ à coupure d'urgence, ♦ arrêt d'urgence, ♦ coupure pour entretien mécanique,	♦ la protection électrique contre : ♦ les courants de surcharge, ♦ les courants de court-circuit, ♦ les défauts d'isolement.
--	---	--

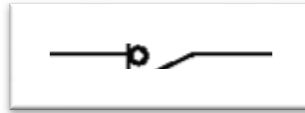
3 Appareillages électriques

3.1 Le sectionnement

- **Sectionneur**



- **Interrupteur sectionneur**



- **Disjoncteur sectionneur**



3.2 I.2. La commande fonctionnelle

- **interrupteur**

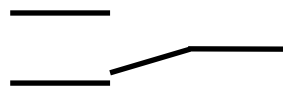


C'est un appareil de commande (généralement manuelle, éventuellement électrique à l'ouverture) capable de couper et de fermer un circuit en service normal. Il n'a besoin d'aucune énergie pour rester fermé ou ouvert (2 positions stables). Un interrupteur n'assure pas de fonction de protection (hormis les interrupteurs différentiels).

Les normes NF C 63-130 et CEI 947-3 définissent :

- la fréquence du cycle de manœuvre (maxi. 600/heure) ;
- l'endurance mécanique et électrique (généralement inférieure à celle d'un contacteur) ;
- un pouvoir de coupure et de fermeture en fonctionnement normal et en fonctionnement occasionnel.

- **Commutateur**



- **Contacteur**



C'est un appareil de commande monostable (coupure et fermeture à distance d'un circuit en service normal) capable d'assurer un nombre de manœuvres élevé. Il ne possède qu'une position stable : la position "ouvert".

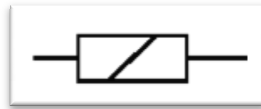
Cette aptitude à un fonctionnement intensif est définie par les normes NF C 63-110 et CEI 947-4-1 par :

- la durée de fonctionnement : service 8h, ininterrompu, intermittent, temporaire de 3, 10, 30, 60 et 90 minutes ;
- la catégorie d'emploi : (définition : voir tableau ci-dessous) par exemple un contacteur de catégorie AC3 assure le démarrage et l'arrêt d'un moteur à cage ;

- la fréquence des cycles de manoeuvre (1 à 1200 cycles par heure) ;
- l'endurance mécanique (nombre de manoeuvres à vide) ;
- l'endurance électrique (nombre de manoeuvres en charge) ;
- un pouvoir de coupure et un pouvoir de fermeture assignée fonction de la catégorie d'emploi.

catégorie d'emploi des contacteurs	applications caractéristiques
AC1	charges non (ou faiblement) inductives : $\cos \varphi \geq 0,95$ (chauffage, distribution)
AC2	démarrage de moteurs à bagues (machines à tréfiler)
AC3	moteurs à cages dont la coupure s'effectue moteur lancé
AC4	moteurs à cages avec freinage à contre-courant

- **Télérupteur**



C'est un **interrupteur bistable** équipé d'une commande électromagnétique à distance. Ce passage d'un état des contacts à l'autre est provoqué par des impulsions électriques brèves, émises à titre d'exemple par des boutons poussoirs. Certaines versions sont prévues pour une commande en TBTS. Le télérupteur peut être équipé d'auxiliaires pour réaliser :

- ✓ une signalisation à distance de sa position,
- ✓ une commande à contact maintenu,
- ✓ une commande centralisée, compatible avec la commande locale,
- ✓ des temporisations

- **Disjoncteur**



a. Caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur

- **tension assignée d'emploi U_e** : c'est la ou les tensions auxquelles l'appareil peut être utilisé. D'autres tensions sont également indiquées par le constructeur
- **courant assigné I_n** : c'est la valeur maximale du courant ininterrompu que peut supporter un disjoncteur équipé d'un déclencheur à une température ambiante précisée par le constructeur, en respectant les limites d'échauffement prescrites.
Exemple un C161N équipé d'un déclencheur D125 a un courant assigné I_n de 125 A à 40°C de température ambiante. On peut toutefois utiliser un disjoncteur à des températures ambiantes supérieures en le déclassant. Ainsi le disjoncteur de l'exemple précédent ne supportera plus que 117 A à 50°C et 109 A à 60 °C. Le terme "assigné" utilisé dans les normes a une signification équivalente à l'ancien terme "nominal".
- **taille d'un disjoncteur** : Lorsqu'un disjoncteur peut être équipé de plusieurs déclencheurs de courants assignés différents, la taille du disjoncteur correspond au courant assigné le plus élevé des déclencheurs qui peuvent l'équiper. Exemple : un C630N peut recevoir les déclencheurs D400 ($I_n = 400$ A), D500 ($I_n = 500$ A), D630 ($I_n = 630$ A) La taille du disjoncteur est 630 A.

- courant de réglage (I_{rth} ou I_r) des déclencheurs de surcharge :** A l'exception des disjoncteurs Multi 9 facilement interchangeables, les disjoncteurs industriels sont équipés de déclencheurs amovibles. De plus, pour adapter le disjoncteur aux caractéristiques du circuit et éviter de surdimensionner les câbles, les déclencheurs eux-mêmes sont, en général, réglables. Le courant de réglage I_r (ou I_{rth}) est le courant d'après lequel sont déterminées les conditions de protection assurées par le disjoncteur. Il représente aussi le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement. Cette valeur doit être supérieure au courant d'emploi I_b et inférieure au courant admissible dans la canalisation I_z . Les déclencheurs thermiques sont en générale réglables de 0,7 à 1 x I_n alors qu'en technologie électronique les plages sont généralement beaucoup plus larges (couramment de 0,4 à 1 x I_n).

Exemple: Un C401N équipé d'un déclencheur D320 réglé à 0,9 a un courant de réglage :

$$I_r = 320 \times 0,9 = 288 \text{ A (figure 1)}$$

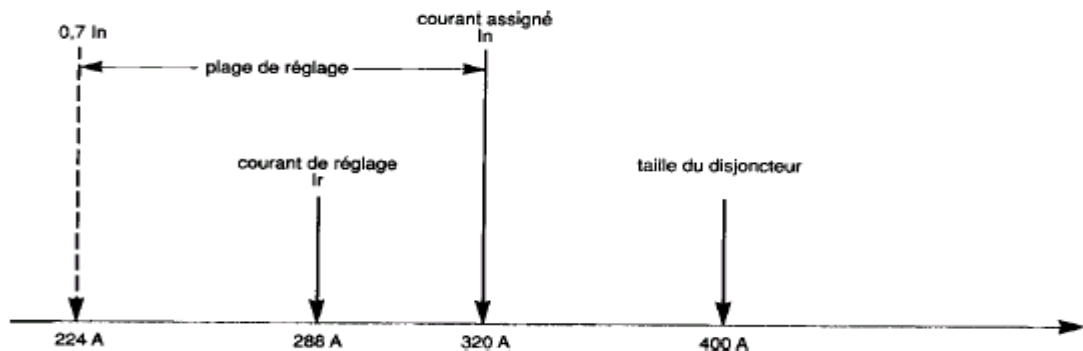


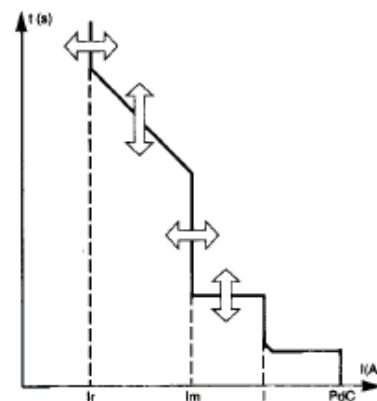
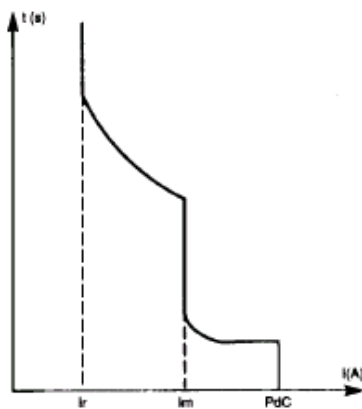
Figure 1

Nota : Pour les appareils à déclencheur non réglables $I_r = I_n$ par exemple, disjoncteur C60N 20A :
 $I_r = I_n = 20 \text{ A}$

- courant de fonctionnement (I_m) des déclencheurs de court-circuit :**

Le rôle des déclencheurs de court-circuit est de provoquer l'ouverture rapide du disjoncteur pour les fortes surintensités. Leur seuil de fonctionnement I_m est :

- soit fixé par la norme pour les disjoncteurs domestiques régis par la norme NF C 61-410,
 - soit indiqué par le constructeur pour les disjoncteurs industriels régis par la norme CEI 947.
- Pour ces derniers, il existe une grande variété de déclencheurs permettant à l'utilisateur de disposer d'un appareil bien adapté aux caractéristiques du circuit à protéger, même dans les cas les plus particuliers.



- **pouvoir de coupure (I_{cu} ou I_{cn}) :**

Le pouvoir de coupure est la plus grande intensité de courant de court-circuit qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée. Il s'exprime en général en kA et désigné par **I_{cu}** (pouvoir de coupure ultime) pour les disjoncteurs industriels et par **I_{cn}** (pouvoir de coupure assigné) pour les disjoncteurs à usage domestique ou assimilé.

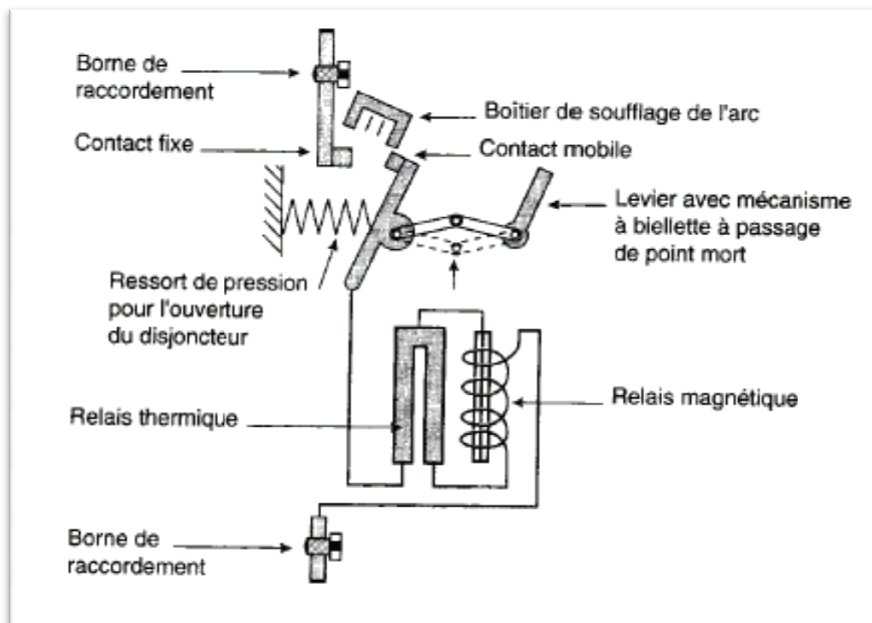


Figure 2 Schéma général d'un disjoncteur magnéto-thermique

b. Courbes de déclenchement B, C, D, Z (norme CET 947.2)

❖ **Courbe B** (fig. 3) Déclenchement entre 3,21 I_n et 4,81 I_n

Commande de protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations n'occasionnant pas de pointe de courant à la mise sous tension : installations domestiques, circuits de cuisson et de chauffage, éclairage comportant un petit nombre de lampes, prises de courant, etc. Protection des personnes en régime IT et TN pour des longueurs de câbles plus importantes qu'avec la courbe C.

❖ **Courbe C** (fig. 3) Déclenchement entre 7 I_n et 10 I_n

Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations correspondant à des applications générales : installations en locaux à usage professionnel, éclairage fluorescent compensé, groupe de lampes à incandescence, prises de courant...

❖ **Courbe D** (fig. 3) Déclenchement entre 10 I_n et 14 I_n

Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations présentant de forts courants d'appel : transformateurs, moteurs, etc.

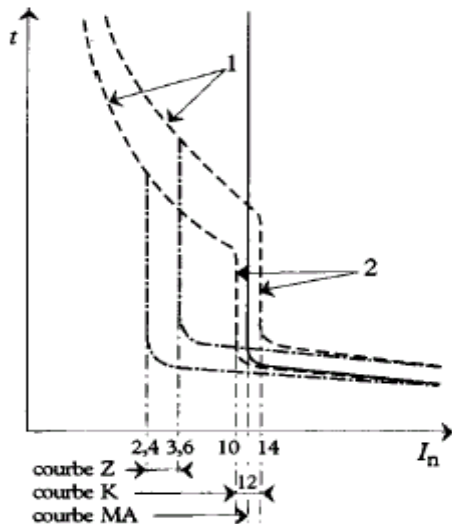


Figure 4

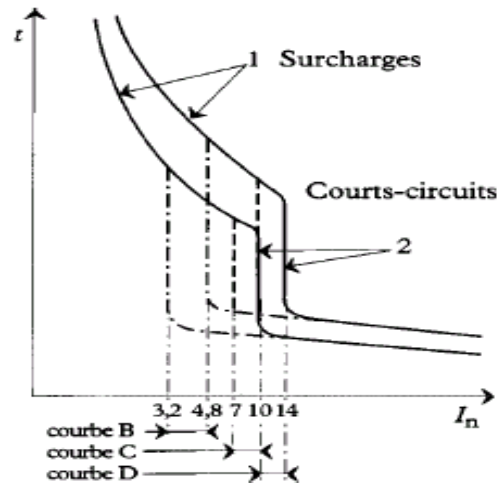


Figure 3

- ❖ **Courbe Z** (fig.4) Déclenchement entre 2,41 In et 3,61 In
Protection des circuits électroniques : diodes, transistors, triacs, etc. contre les faibles surcharges de longue durée et contre les courts-circuits.
- ❖ **Courbe K** (fig.4) Déclenchement entre 10 In et 14 In
Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations présentant des courants d'appel importants, mais de durée plus brève.
- ❖ **Courbe MA** (fig.4) Déclenchement 12 In
Protection des circuits d'alimentation des moteurs : câbles et démarreurs contre les courts-circuits. Ce disjoncteur ne comporte qu'un déclencheur magnétique, il doit être associé à une protection thermique adaptée.

c. Choix d'un disjoncteur

Nous avons vu qu'un disjoncteur était constitué d'un système de coupure et d'un système de détection de défaut.

Choix du dispositif de coupure :

Le dispositif qui comporte les pôles de coupure est choisi en fonction :

- du nombre de pôles : nombre de conducteurs à couper, de la tension assignée (tension d'emploi), du type de courant (alternatif ou continu) ;
- de (In) : courant d'emploi du circuit, c'est lui qui détermine le courant assigné, encore appelé « calibre du disjoncteur » ;
- de (Icc) : courant de court-circuit susceptible de se produire immédiatement en aval du disjoncteur. On choisit toujours un disjoncteur ayant un pouvoir de coupure supérieur à (Icc) aval.

Choix du type de déclencheur :

Le dispositif magnéto-thermique ou électronique qui commande le déclenchement des pôles de coupure est choisi en fonction :

- de (IB), courant maximal qui traverse le circuit en fonctionnement normal ;
- du pic d'intensité à la mise sous tension. En fonction de cette surintensité, on définit le type de courbe (B, C, D,...) du déclencheur.

DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION ÉLECTRIQUE

1 Introduction

Une installation électrique est un ensemble cohérent d'appareillage, câbles, circuits et récepteurs, le dimensionnement d'une installation électrique consiste à faire le choix optimal des sections de câbles et des protections pour garantir un fonctionnement normal des équipements sans dégradation ou échauffement.

1

2 Les câbles

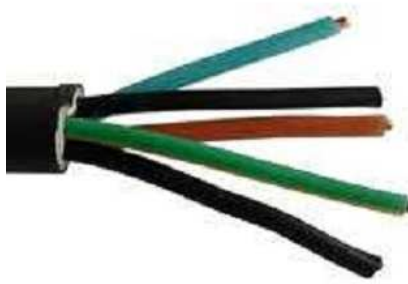
Les câbles sont considérés comme les piliers d'une installation électrique, en outre un surdimensionnement engendre des surcoûts dans la réalisation du projet, par contre un sous dimensionnement peut engendrer des échauffements et causer un dysfonctionnement de l'installation électrique, d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal.

Le dimensionnement optimal des câbles doit tenir compte des conditions suivantes :

- Le mode de pose et la nature des milieux traversés
- La température extrême du milieu ambiant
- La tension et la nature du courant
- L'intensité à transporter
- La longueur de la liaison
- La chute de tension admissible
- La valeur du courant de court circuit et le temps de coupure sur défaut

Les couleurs des conducteurs ont une fonction déterminée : Rouge, conducteur actif : phase. Bleu, conducteur neutre. Vert-jaune, conducteur de protection : la terre. Noir marron violet orange : sont les couleurs utilisées pour les conducteurs retours et navettes pour les va et vient.

Le choix du câble est très important avant l'achat car une fois dans la gaine il est rarement possible d'en rajouter un autre. Le nombre de conducteur et la section est fonction de l'installation à créer. Il existe des câbles de différentes sortes, le câble du type U1000RO2V est un câble qui convient pour tout type d'installation, la tension d'utilisation maximale est 1000 Volts. Pour une installation réalisée dans les règles de l'art il convient de passer le câble dans une gaine.



Câble
U1000RO2V5x1,5mm²
Câble destiné pour la
réalisation des installations
électriques dans le bâtiment
et l'industriel.



HO5VV-F 4x1, 5mm² Câble
souple destiné à l'alimentation
des petits appareils mobiles et à
l'alimentation des appareils
d'électroménagers.



H03VVFH2F Câble méplat,
destiné à l'alimentation des
petits appareils
d'électroménagers, sauf les
appareils de chauffage.



HO5VV-F 3x2,5mm² Câble
souple destiné à
l'alimentation des petits
appareils mobiles et à
l'alimentation des appareils
d'électroménagers.



Câble rigide de type
téléphonique 5 paires. Destiné
pour la réalisation des
installations de téléphones,
portiers de villa, alarmes...



Câble coaxial pour la
réalisation des liaisons entre
les antennes "TV" et les
téléviseurs.

2.1 Désignation normalisée des câbles et conducteurs

Il existe deux codes actuellement en vigueur : le code UTE et le code CENELEC. Le code CENELEC remplace progressivement le code UTE.

CENELEC	
Exemple : HO7VK1,5 ; harmonisé, 750 V, PVC, cuivre, souple, 1,5 mm ²	
Code de normalisation	H : harmonisé A : dérivé d'un type harmonisé FR-N : national mais désignation internationale.
Tension de service	03 : 300 V 05 : 500 V 07 : 750 V 1 : 1 000 V.
Mélange isolant	B : caoutchouc d'éthylène propylène (EPR) R : caoutchouc naturel V : P.V.C. X : polyéthylène réticulé (PR) N : polychloroprène néoprène (PCP).
Mélange gaine	(Voir mélange isolant).
Construction spéciale	H : méplat divisible H2 : méplat non divisible.
Nature de l'âme	Sans code : rigide en cuivre A : aluminium.
Symbole de l'âme	U : rigide massive R : rigide câblé F : souple classe 5 K : souple (installation fixe) H : extra souple.
Composition du câble	? : nombre de conducteurs X : sans vert/jaune G : avec vert/jaune ? : section des conducteurs en mm ² .

2.2 La section des conducteurs

La section des conducteurs pour l'alimentation des différents circuits :

10 A = 1,5 mm ²	16 A = 2,5 mm ²	20 A = 4 mm ²	32 A = 6 mm ²
40 A = 10 mm ²	63 A = 16 mm ²	80 A = 25 mm ²	100 A = 35 mm ²
Section théorique des conducteurs sans tenir compte de longueur et du cheminement.			

3 Les gaines

Dans les logements la gaine la plus utilisée est la gaine de type ICO (isolant cintrable ordinaire) avec un tire fil, elle est destinée pour des saignées réalisées dans des murs ou des cloisons. Pour les installations en saillies il faut utiliser des moulures en plastique ou du tube de type IRO (isolant rigide ordinaire.) La fixation de la moulure est réalisée avec des chevilles et des vis, elle peut être collée mais à la longue cela fini toujours par se défaire.



Le tube est fixé au mur avec des attaches ou colliers. Les attaches doivent être au plus espacées de 50 cm en partie horizontale et 60 cm en partie verticale.

Les gaines posées dans les tranchées doivent être enterrées à 1 mètre de profondeur si des véhicules circulent dessus et à 0,80 pour les passages piétons uniquement. Une fois la tranchée réalisée, il faut placer un lit de sable de 10 cm environ, ensuite poser la gaine au centre de la tranchée, la recouvrir de 0,20 m de sable puis poser un grillage avertisseur. Ensuite combler la tranchée en plaçant les mottes de terre les plus petites sur le grillage avertisseur puis les plus grosses sur le dessus. Lors de la fin des travaux il est souhaitable de réaliser un relevé du passage de la tranchée et de porter son cheminement sur un plan. Gaine rouge avertisseur rouge pour l'électricité, courant fort. Gaine verte avertisseur vert pour le téléphone.



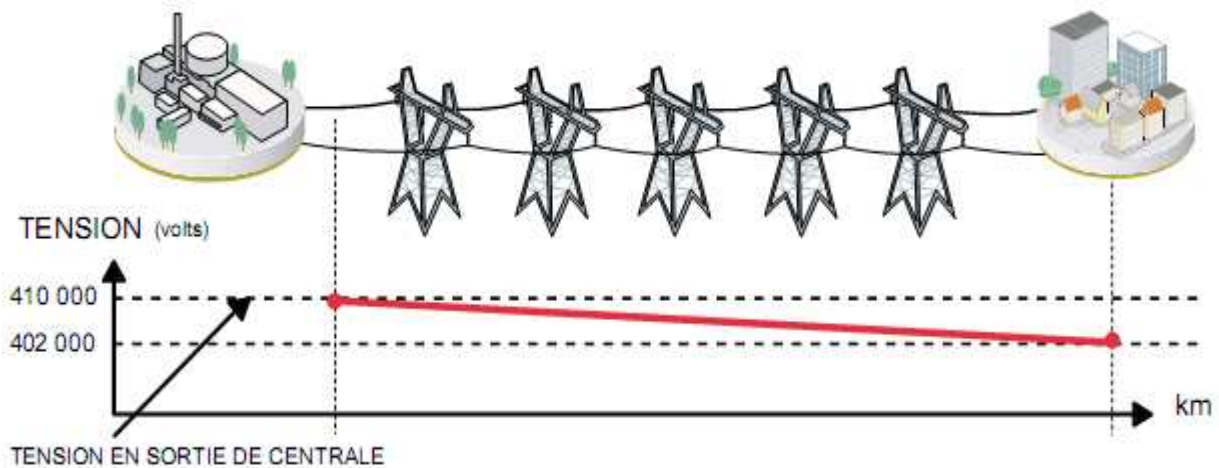
4 La chute de tension dans les lignes

La gestion du réseau électrique ne consiste pas seulement à faire en sorte que les transits soient inférieurs aux capacités de transport de chaque ouvrage du réseau.

Il faut également surveiller plusieurs paramètres techniques, dont le niveau de tension : la tension électrique doit rester dans une plage autorisée en tout point du réseau, dans toutes les situations de production et de consommation prévisibles. En effet, la tension peut localement être dégradée, par exemple les jours de forte consommation (dans ce cas, les transits à travers les lignes du réseau sont importants, ce qui provoque une chute de tension dans ces lignes).

Lorsque le transit dans une ligne électrique est assez important, la circulation du courant dans la ligne provoque une chute de la tension.

La tension est alors plus basse en bout de ligne qu'en son origine et plus la ligne est chargée en transit de puissance, plus la chute de tension sera importante.



5 Mode opératoire

Cette procédure vous permettra de vous organiser pour la réalisation de vos installations.

1-Mise hors tension de l'installation existante et contrôle de l'absence de tension (par sécurité il est souhaitable de couper le disjoncteur général).

2-Tracé des axes des conduits et de l'appareillage.

3-Réalisation des saignées (attention aux conduits déjà encastrés).

4-Pose de l'appareillage ou pose des boîtes d'encastrement.

5-Pose des conduits ou scellement des gaines.

6-Passage des conducteurs ou des câbles, pour le passage des conducteurs dans les gaines il existe des produits pour améliorer le glissement dans les gaines. Pour les câbles, il faut dénuder la gaine de protection des conducteurs avant de le passer dans le conduit, car il n'est pas aisé de passer le couteau dans le boîtier ! Ainsi lors du raccordement les conducteurs sont prêts à être raccordés. Laisser dépasser les conducteurs de 15 cm environ dans le boîtier.

7-Pose de l'appareillage et raccordement (interrupteurs, prises, boîtes de dérivation...) Pour le raccordement de l'appareillage il est souhaitable de doubler le conducteur s'il est seul sous la vis, cela évite un sectionnement du fil avec la vis. Les conducteurs doivent dépasser de 10 à 12 cm du boîtier, les plier en "S" pousser et visser l'appareil.

8-Contrôles divers, vérifier la continuité des terres sur les prises de courant et l'appareillage métallique.

9-Mise sous tension et essais.

6 Choix d'appareillage

La structure du réseau étant choisie et validée, les matériels électriques prévus doivent satisfaire.

- **aux normes en vigueur**
- **aux caractéristiques du réseau**

Il s'agit notamment :

- des tensions de service qui doivent être compatibles avec la tension la plus élevée pour le matériel
- des surtensions susceptibles d'apparaître dans le réseau qui doivent être compatibles avec les tensions de tenue du matériel (à fréquence industrielle, choc de manœuvre, choc de foudre)
- des courants nominaux
- des courants de court-circuit qui doivent être compatibles avec le pouvoir de coupure, le pouvoir de fermeture, la tenue thermique et électrodynamique du matériel.

6

- **aux fonctions associées à chaque équipement**

- coupure sur court-circuit (disjoncteur, fusible)
- manœuvre en régime nominal (interrupteur)
- manœuvres fréquentes (contacteurs...)
- hors charge (sectionneurs).

- **aux exigences de la continuité de service**

Ce qui détermine le choix du type de matériel :

- appareil fixe
- appareil débrochable pour faciliter l'entretien ou le remplacement.

- **aux qualifications du personnel**

Le niveau de qualification des agents d'exploitation et de maintenance détermine :

- la nécessité ou non de verrouillages et d'asservissements pour éviter les fausses manœuvres
- le choix d'un matériel avec ou sans entretien.

- **aux exigences liées aux extensions futures**

Cela détermine les réserves à prévoir et peut conduire au choix de matériels modulaires.

LES TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION ÉLECTRIQUE

1 La limitation

La limitation est une technique qui permet au disjoncteur de réduire fortement les courants de court-circuit. Les avantages de la limitation sont multiples :

-atténuation des effets néfastes des courts-circuits : électromagnétiques, thermiques, mécaniques,

-base de la technique de filiation.

1.1 Principes

Le courant de défaut présumé I_{cc} est le courant de court-circuit I_{cc} qui circulerait en l'absence de limitation à l'endroit de l'installation où le disjoncteur est placé.

Du fait de l'élimination en moins d'une demi-période du courant de défaut, seule la première $I_{crête\ asymétrique}$ est à considérer. Cette dernière est fonction du $\cos \phi$ de défaut de l'installation.

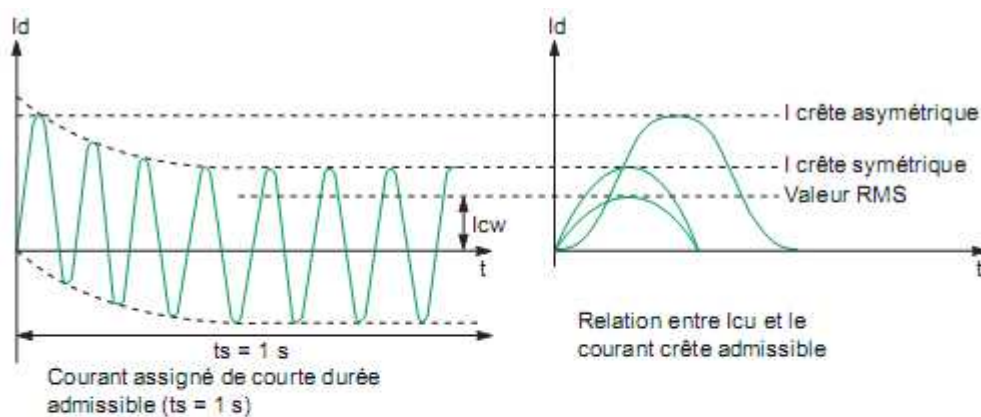
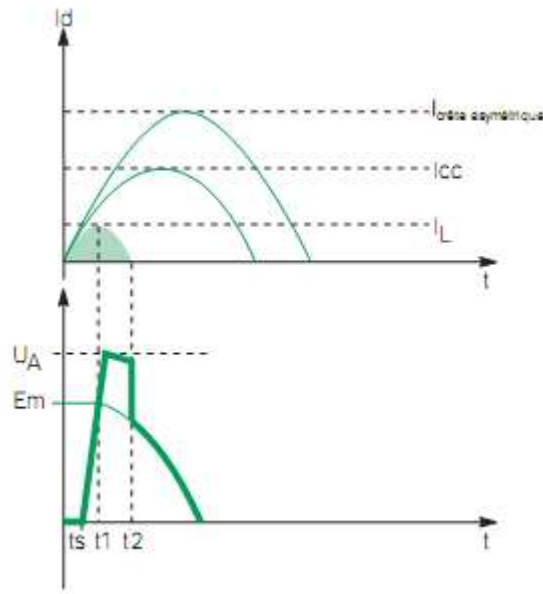


Tableau pour calcul du court-circuit asymétrique (CEI 60947.2 § 4.3.5.3.)

I_{cc} : court-circuit présumé symétrique kA (valeur efficace)	Coefficient d'asymétrie k
$4,5 \leq I \leq 6$	1,5
$6 < I \leq 10$	1,7
$10 < I \leq 20$	2,0
$20 < I \leq 50$	2,1
$50 < I$	2,2

Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) : Défini pour les disjoncteurs de catégorie B.

I_{cw} (kA eff.) est le courant de court-circuit maximal que peut supporter le disjoncteur pendant une courte durée (de 0,05 à 1 s) sans altération de ses caractéristiques. Cette performance est vérifiée lors de la séquence d'essais normalisés.



La diminution du courant $I_{crête}$ en IL limité, caractérise la limitation d'un disjoncteur.

La limitation consiste à créer une force contre-électromotrice s'opposant à la croissance du courant de court-circuit.

Les trois critères déterminants pour l'efficacité de cette limitation sont :

- Le temps d'intervention, c'est à dire l'instant t_s où apparaît la force contre-électromotrice (f_{cem}),
- La vitesse de croissance de cette f_{cem} ,
- La valeur de cette f_{cem} .

La force contre-électromotrice est la tension d'arc U_a due à la résistance de l'arc qui se forme entre les contacts dès leur séparation. Sa rapidité d'évolution est liée à la vitesse de séparation de contacts.

Comme le montre la figure ci-dessus, à partir de l'instant t_s où les contacts se séparent, la force contre-électromotrice U_a croît jusqu'au moment t_1 où elle est égale à la tension de la source E_m . Le courant limité a alors atteint sa valeur maximale et va diminuer et s'éteindre au bout du temps t_2 . Sa décroissance est provoquée par la force contre-électromotrice dont la valeur est supérieure à E_m .

1.2 Avantages

Application à la distribution électrique

La limitation atténue fortement les effets néfastes des courts-circuits sur l'installation.

Effets néfastes des courts-circuits	Effets de la limitation
■ électromagnétiques	Réduction du champ magnétique donc : □ moins de risques de perturbations des appareils de mesures voisins.
■ mécaniques	Intensité crête limitée donc : □ forces électromagnétiques réduites, □ moins de risques de déformation ou de rupture au niveau des contacts électriques.
■ thermiques	Contrainte thermique limitée (diminution de l'amplitude et de la durée de passage du courant) donc : □ échauffement plus faible des conducteurs, □ augmentation de la durée de vie des canalisations.

1.3 Courbes de limitation

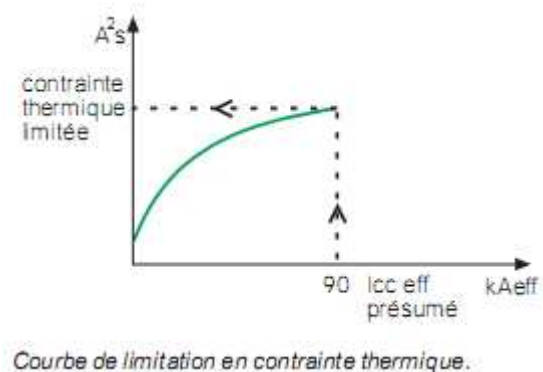
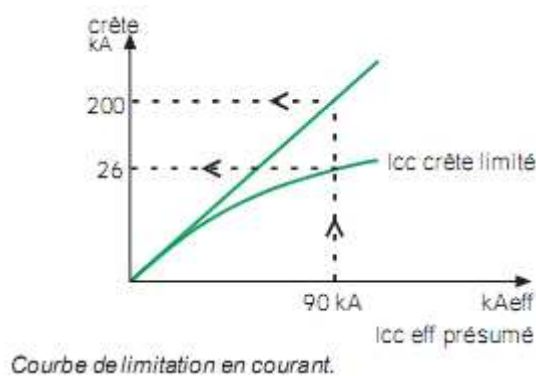
Le pouvoir de limitation d'un disjoncteur est exprimé par des courbes de limitation qui donnent :

-l'intensité crête limitée en fonction de l'intensité efficace du courant de court-circuit présumé.

Exemple : sur un départ de 160 A où l'Icc présumé est de 90 kA efficace, l'Icc crête non limité est de 200 kA (facteur d'asymétrie de 2,2) et l'Icc limité est de 26 kA crête.

-la contrainte thermique limitée (en A²s), en fonction de l'intensité efficace du courant de court-circuit présumé.

Exemple : sur le départ précédent, la contrainte thermique passe de plus de 100 106 A²s à 6 106 A²s.



2 La filiation

La filiation procure un pouvoir de coupure "renforcé" aux disjoncteurs placés en aval d'un disjoncteur limiteur. Celui-ci, en limitant les forts courants de court-circuit aide le disjoncteur

placé en aval. La filiation permet d'utiliser un disjoncteur de pouvoir de coupure inférieur au courant de court-circuit calculé à son point d'installation.

La filiation permet de : réaliser des économies, simplifier le choix des protections, par la mise en œuvre de disjoncteurs aux performances standards.

2.1 Domaine d'utilisation

2.1.1 La filiation

-Concerne tous les appareils installés en aval de ce disjoncteur,

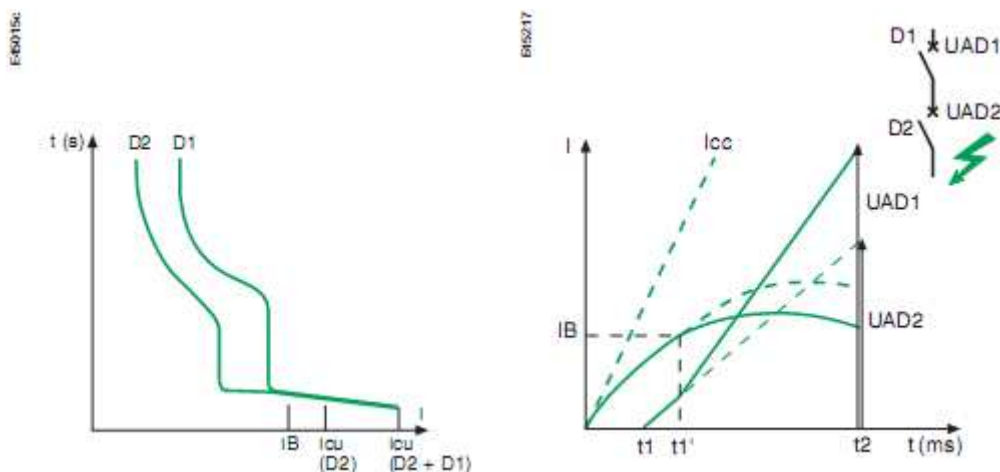
-peut s'étendre à plusieurs appareils consécutifs, même s'ils sont utilisés dans des tableaux différents.

Les normes d'installation (CEI 60364 ou locales) imposent que l'appareil amont ait un pouvoir de coupure ultime I_{cu} supérieur ou égal au courant de court-circuit présumé au point d'installation.

Pour les disjoncteurs situés en aval, le pouvoir de coupure ultime I_{cu} à considérer est le pouvoir de coupure ultime renforcé par la coordination.

2.1.2 Principes

Dès que les deux disjoncteurs déclenchent (à partir du point I_B), une tension d'arc U_{AD1} à la séparation des contacts de $D1$ s'ajoute à la tension U_{AD2} et aide par limitation complémentaire le disjoncteur $D2$ à s'ouvrir.



2.1.3 Avantages

La filiation permet de bénéficier de tous les avantages de la limitation. Ainsi, sont réduits les effets résultant des courants de court-circuit, soit : les effets électromagnétiques, les effets électrodynamiques, les effets thermiques.

L'installation d'un seul disjoncteur limiteur amène des simplifications et des économies importantes pour toute l'installation aval :

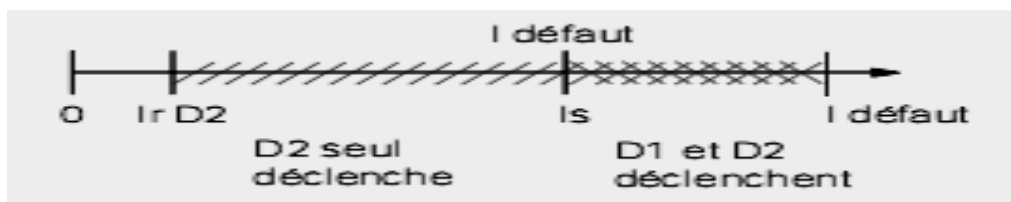
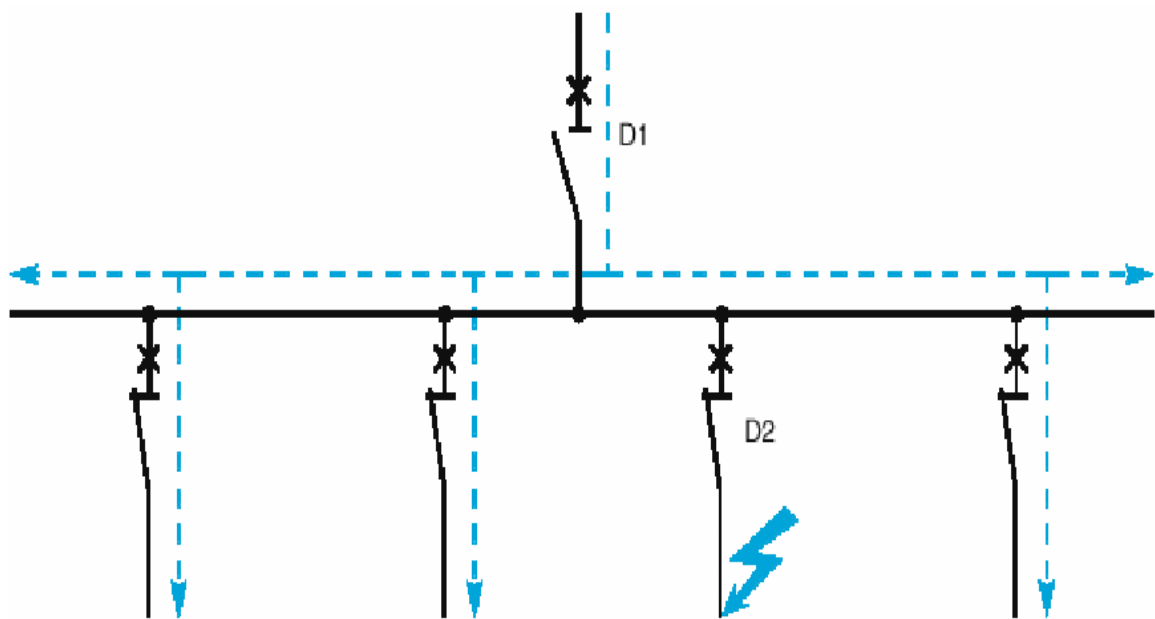
-simplification du choix des appareils par les tableaux de filiation,

-économie sur les appareils aval. La limitation permet d'utiliser des disjoncteurs aux performances standards.

3 Sélectivité

Il y a sélectivité des protections si un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, est éliminé par l'appareil de protection placé immédiatement en amont du défaut et lui seul. La sélectivité entre deux disjoncteurs D1 et D2 est totale si D2 fonctionne pour toute valeur de court-circuit jusqu'au courant de court-circuit franc triphasé au point où il est placé. La sélectivité est partielle si D2 fonctionne seul jusqu'à un courant de court-circuit présumé I_c inférieur à $I_{cc} D2$. Au delà de cette valeur, D1 et D2 fonctionnent simultanément.

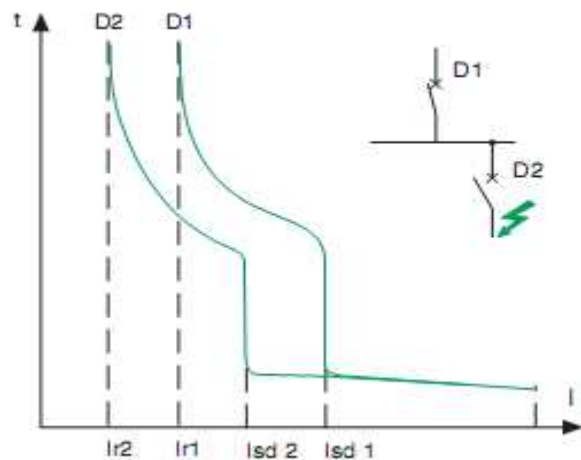
5



Avantages de la sélectivité

- Disponibilité permanente de l'énergie
- impératifs de production respectés :
 - o pas de rupture de fabrication,
 - o pas de reprise de procédure de démarrage,
 - o pas d'arrêt intempestif et dangereux de machines ou systèmes tels que pompes de lubrification, extracteurs de désenfumage.

3.1 Sélectivité ampèremétrique



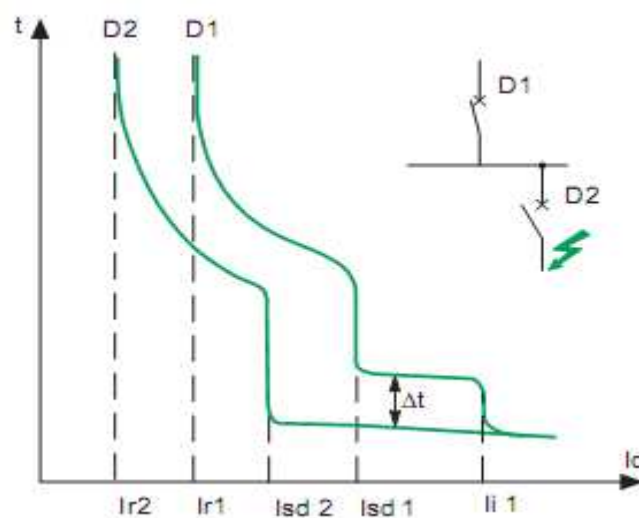
Elle repose sur le décalage en intensité des courbes de protection. Elle est totale si le courant de court-circuit en aval de D2 I_{ccD2} est inférieur au seuil de déclenchement magnétique I_{sd1} . Sinon elle est partielle. La sélectivité ampèremétrique est d'autant plus étendue que les calibres des disjoncteurs amont et aval sont différents.

Réalisée avec des disjoncteurs rapides elle est souvent partielle et son niveau est seulement I_{sd1} .

3.2 Sélectivité chronométrique

Elle repose sur le décalage temporel des courbes de déclenchement et se détermine graphiquement

Sélectivité totale Le disjoncteur amont D1 dispose d'un retard intentionnel (par exemple : Masterpact Compact électronique).



Pour la réaliser, il faut disposer d'un disjoncteur amont à crans de temporisations. Le retard introduit doit permettre d'améliorer la sélectivité sans pour autant mettre en péril le câble – ou

les jeux de barres - qui auraient alors à supporter la surintensité plus longtemps (effets thermiques I²t et contraintes électrodynamiques plus grands).

4 Coordination des protections et d'isolement

La coordination de l'isolement d'une installation consiste à déterminer les caractéristiques d'isolement nécessaires aux divers constituants du réseau, en vue d'obtenir une tenue homogène aux tensions normales, ainsi qu'aux différentes surtensions. Son but final est de permettre une distribution sûre et optimisée de l'énergie électrique.

Cette optimisation permet de trouver le meilleur rapport économique entre les différents paramètres dépendant de cette coordination :

- coût de l'isolement du matériel
- coût des protections contre les surtensions
- coût des défaillances (perte de l'exploitation et destruction de matériel), en tenant compte de leur probabilité d'occurrence.

Le coût du sur-isolement du matériel étant très élevé, il ne peut pas être dimensionné pour supporter les contraintes de toutes les surtensions.

S'affranchir des effets néfastes des surtensions suppose une première démarche qui consiste à s'attaquer à leurs phénomènes générateurs, ce qui n'est pas toujours évident. En effet, si à l'aide de techniques de coupure appropriées les surtensions de manœuvre de l'appareillage peuvent être limitées, il est impossible d'empêcher les coups de foudre.

La réduction des risques des surtensions, par conséquent du danger qu'elles représentent pour les personnes et le matériel, est d'autant meilleure si certaines mesures de protection sont respectées :

- limitation des résistances de prise de terre du poste pour la réduction des surtensions lors d'un défaut à la terre
- réduction des surtensions de manœuvre par le choix d'appareils de coupure appropriés
- écoulement à la terre des chocs de foudre par un premier écrêtage (parafoudre ou éclateur à l'entrée des postes) avec limitation des résistances de prises de terre.
- protection des équipements sensibles en BT (informatiques, télécommunications, automatismes, ...) en leur associant des filtres séries et/ou des limiteurs de surtensions.

PROTECTIONS DES PERSONNES

1 Généralités

L'énergie électrique, bien qu'utile, est dangereuse pour l'homme. Si un courant traverse le corps humain, il y a risque de lésions voir de mort. Il est donc nécessaire de protéger les personnes contre de tels dangers.

Les réseaux de distribution sont caractérisés essentiellement par la nature du courant et le nombre de conducteurs actifs, ainsi que par la liaison à la terre ou régimes de neutre.

La sécurité des personnes et du matériel est assurée différemment en fonction du régime de neutre utilisé dans une installation électrique.

1

2 Protection contre les chocs électriques

2.1 Protection contre les chocs directs

Le contact direct est le contact entre une personne et les parties actives (phases ou neutre) des matériels sous tension. La protection contre ce contact s'effectue de la façon suivante:

- Par isolation des parties actives : Tous les conducteurs sous tension sont recouverts d'isolants.
- Par des barrières, des enveloppes, des obstacles : L'appareillage est mis sous coffret.
- Par mise hors portée, par éloignement : C'est le cas des lignes aériennes à haute tension et basse tension.
- Utilisation de la très basse tension de sécurité T.B.T.S : On a recours à des tensions dites "de sécurité" de 12 V, 25 V et 50 V en courant alternatif et de 25 V, 50 V, 120 V en continu.
- Par protection complémentaire (disjoncteur différentiel résiduel DDR) : On emploie un dispositif différentiel haut sensibilité.

2.2 Protections contre les contacts indirects.

Le contact indirect est le contact des personnes avec des masses mises accidentellement sous tension. La protection contre ce contact s'effectue de la façon suivante:

- Sans coupure automatique
Ce type de protection est limité à certaines parties de l'installation. Il est réalisé par :
 - L'emploi de matériel de classe 2.
 - L'isolation supplémentaire lors de l'installation
 - La séparation électrique (transformateurs d'isolement)
 - Les liaisons équipotentielles locales, non reliées à la terre.
- Par coupure automatique de l'alimentation :

- La mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation est destinée à empêcher qu'à la suite d'un défaut d'isolement entre une partie active et la masse d'un matériel, une personne touchant ce matériel puisse se trouver soumise à une tension de contact dangereuse pendant un temps tel qu'il pourra en résulter des dommages organiques.
- Les conditions de réalisation de la protection sont liées à la nature du schéma de liaison à la terre.

2.3 Dispositif de protection des personnes en schéma TT

Le disjoncteur différentiel à courant résiduel est utilisé, en particulier, chez chaque abonné. Il a pour rôle d'assurer :

- La protection des circuits contre les surintensités dues aux surcharges ou aux courts circuits ;
- La protection des personnes contre les contacts indirects (fuites de courant à la terre).

On distingue toutefois, différents types de différentiel.

- Le disjoncteur différentiel (Fig 1). Protection des personnes et des matériels .
- Le relais différentiel (Fig 3). Il réalise la surveillance du circuit, il est réglable, il est associé à un dispositif de coupure (interrupteur ou disjoncteur). La mesure du courant de fuite à la terre peut être réalisée par un tore séparé (Fig 4).
- L'interrupteur différentiel (Fig 2), réalisant une surveillance du circuit et ne coupant celui ci qu'en cas de courant de fuite à la terre.



Fig 1



Fig 3



Fig 4

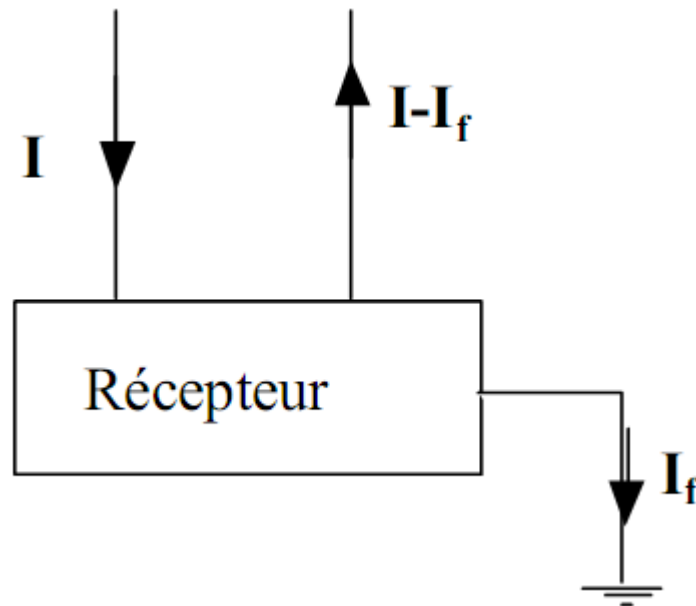


Fig 2

Problème

Si une installation monophasée ou triphasée, présente un défaut d'isolement, par exemple un récepteur dont la masse est reliée à la terre, le courant qui entre dans le récepteur I est différent du courant qui en ressort $I - I_f$. (I_f courant de fuite à la terre).

Si, du fait de la résistance de contact, le défaut n'est pas franc, les systèmes de protection contre les surintensités, les surtensions, les baisses de tension ne fonctionnent pas, il y a risque d'électrocution par contact indirect.



Principe de fonctionnement

Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et du neutre.

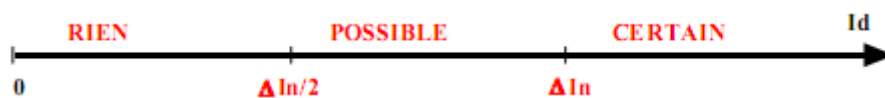
En l'absence de fuite ou de courant résiduel de défaut, les flux produits par les bobines s'annulent, il ne se passe rien.

Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique dans le tore apparaît.

La bobine de mesure est le siège d'une force électromotrice (fem) qui alimente un petit électro-aimant provoquant le déverrouillage du disjoncteur.

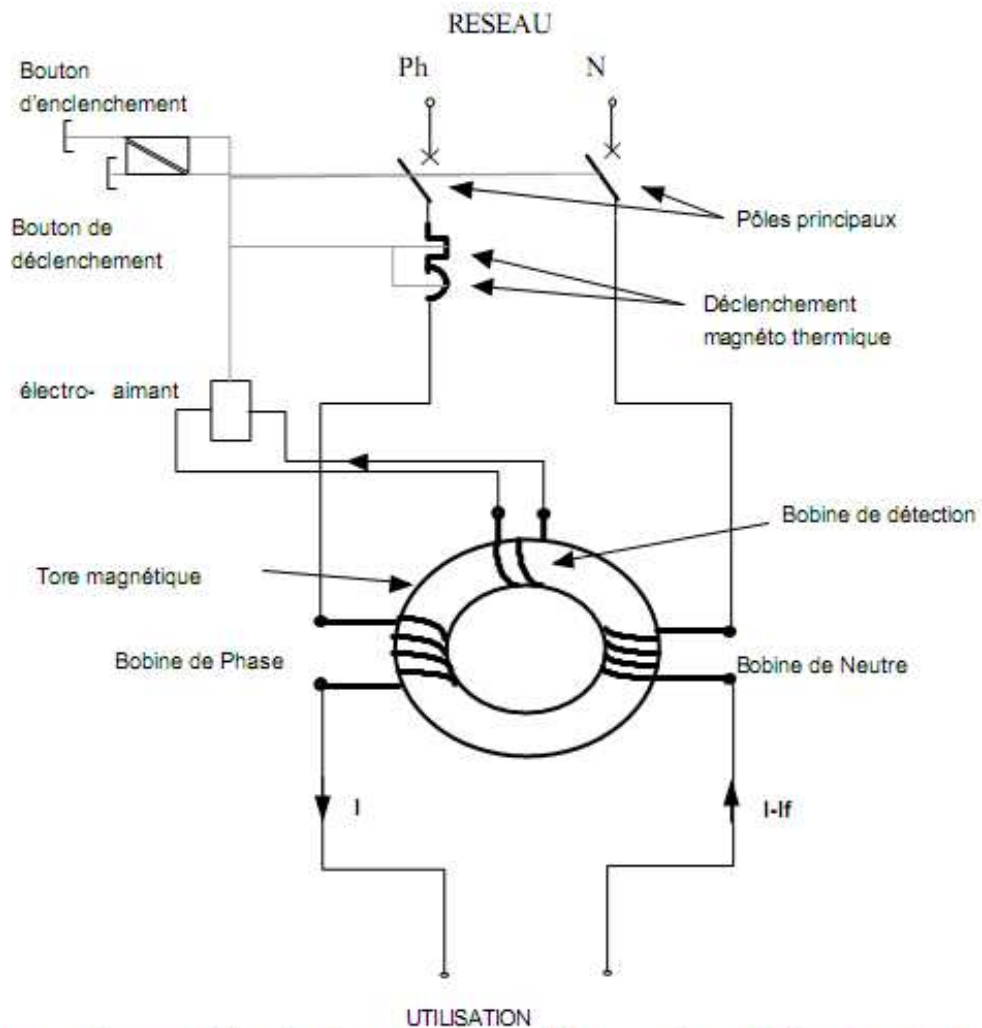
Seuil de réglage

On appelle courant de seuil le courant de réglage du disjoncteur différentiel $I_{\Delta N}$. Il existe une incertitude sur le courant de déclenchement :



On peut, dans certains cas, avoir des courants de fuite qui ne correspondent pas à un défaut sur la partie protégée. Pour éviter un déclenchement intempestif du DDR, il faut que le courant de fuite "normal" soit inférieur à $I_{\Delta N}/2$.

Disposition schématique



Le système est analogue en triphasé mais comprend quatre bobines sur le tore (3 phases + neutre).

3 Les schémas de liaison à la terre

3.1 Les trois régimes de neutre

La norme NF C 15.100 définit trois régimes de neutre qui sont caractérisés par deux lettres :

- 1^{ère} Lettre : Situation de l'alimentation par rapport à la terre.

T : liaison d'un point avec la terre ;

I : isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre ou liaison d'un point avec la terre à travers une impédance ;

- 2^{ème} Lettre : Situation des masses de l'installation par rapport à la terre :

T : masses reliées directement à la terre ;

N : masses reliées au neutre de l'installation, lui-même relié à la terre.

3.2 Le régime de neutre TT

3.2.1 Principe

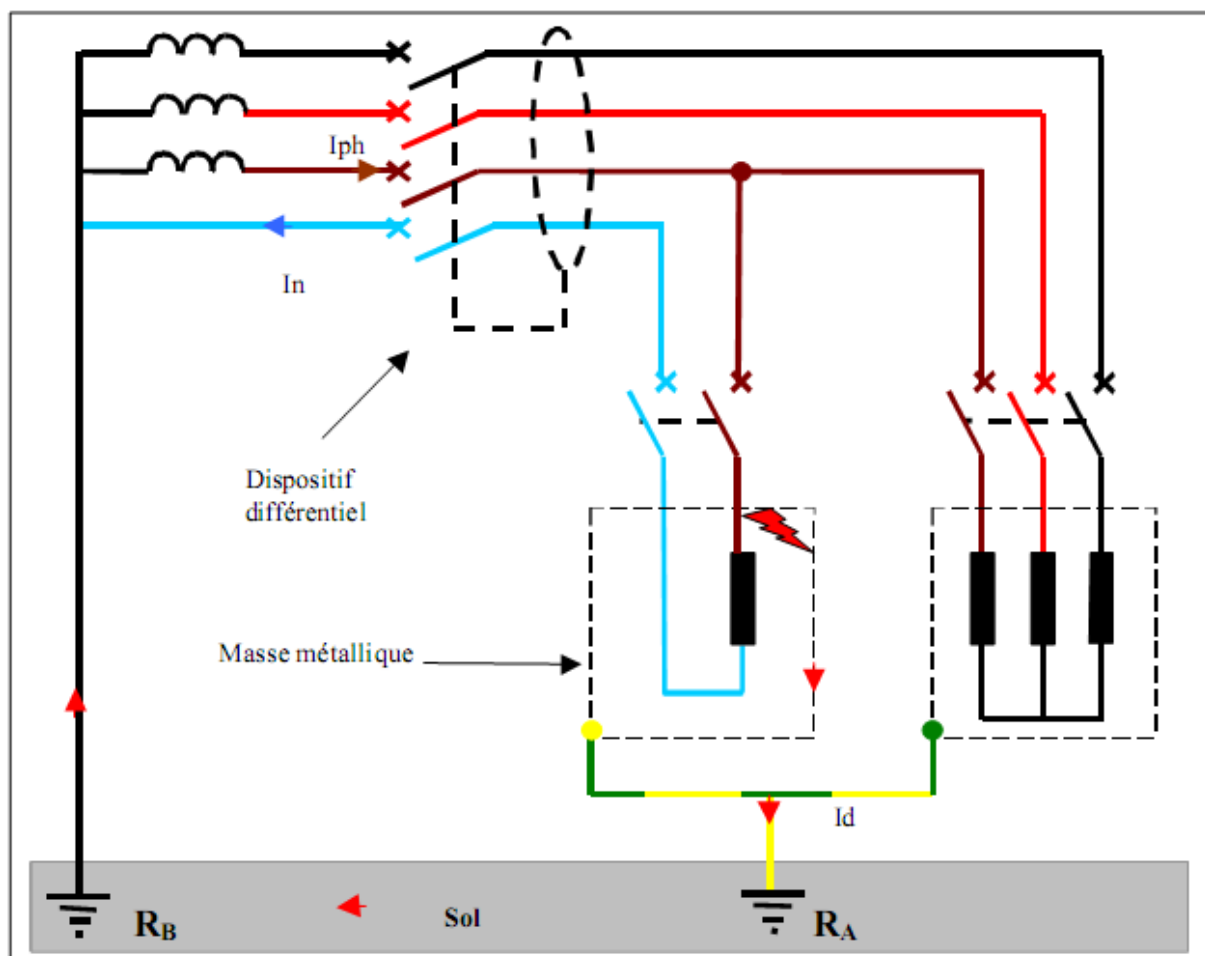
- La norme NFC 15 100 définit, pour les installations basse tension, le standard suivant :
- Tension domestique : 230 V monophasé – 400 V entre phases.
- Régime du neutre TT (neutre à la terre, masses reliées entre elles et mises à la terre).

La protection contre les chocs indirects est assurée par coupure de l'alimentation lors de l'apparition du premier défaut d'isolement. Selon le principe développé ci-dessous

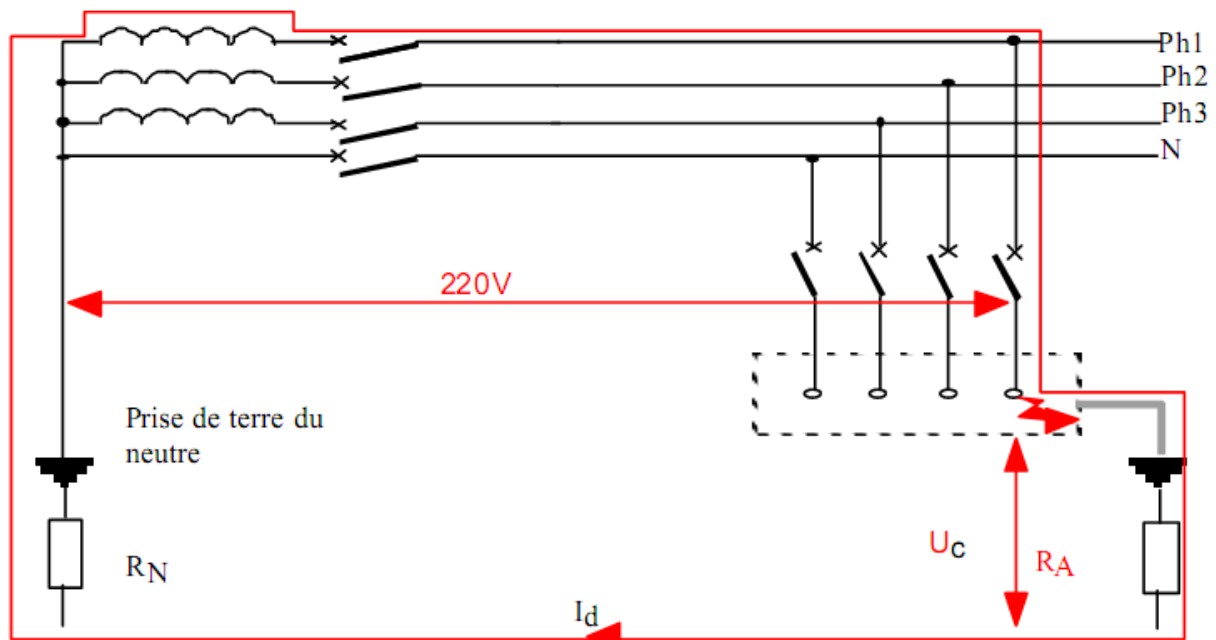
Lors de l'apparition du défaut d'isolement, un courant s'écoule au travers du sol. Ce courant de fuite est détecté par le dispositif différentiel qui entraîne la coupure de l'alimentation.

Pour que ce dispositif soit efficace, il faut que deux conditions soient réunies :

- Liaison équipotentielle des masses mise à la terre.
- Utilisation d'un dispositif différentiel en amont de l'installation.



Exemple : soit le réseau de distribution TT ci-dessous :



Lorsqu'une phase touche la masse, il y a élévation du potentiel de cette masse.

Soit R_D : La résistance de défaut = 0Ω ; R_N : la résistance de la prise de terre du neutre = 10Ω ; R_A : la résistance de la prise de terre des masses = 20Ω ;

Il s'établit un courant en rouge sur le schéma : $I_d = 220 / (R_A + R_N + R_D) = 220 / 30 = 7.33A$

La tension de masse par rapport à la terre est : $U_c = R_A \times I_d = 20 \times 7.33 = 146.6V \rightarrow$ Cette tension est mortelle

Lorsque dans un réseau TT, survient un défaut d'isolement, il y a une élévation dangereuse du potentiel des masses métalliques. (Qui habituellement sont au potentiel 0V).

3.2.2 Règles à observer

1ère règle : Toutes les masses des matériels protégés par un même dispositif de protection doivent être interconnectées et reliées par un conducteur de protection (PE) à une même prise de terre.

2ème règle : La condition de protection doit satisfaire à la relation suivante : $R_A \times I_A < U_c$

- I_A : Courant de fonctionnement du dispositif de protection ;
- R_A : résistance de la prise de terre des masses ;
- U_c : tension de contact limite : $U_c = 50V, 25V$ selon les locaux.

3ème règle : Dans les schémas TT, on assurera la protection par un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR). Dans ce cas, le courant I_A est égale au courant différentiel résiduel du disjoncteur.

La sensibilité d'un disjoncteur différentiel résiduel est indiquée par le symbole $I_{\Delta N}$, qui indique le système de protection, lequel peut être un interrupteur ou un disjoncteur.

Les disjoncteurs sont classés selon trois catégories :

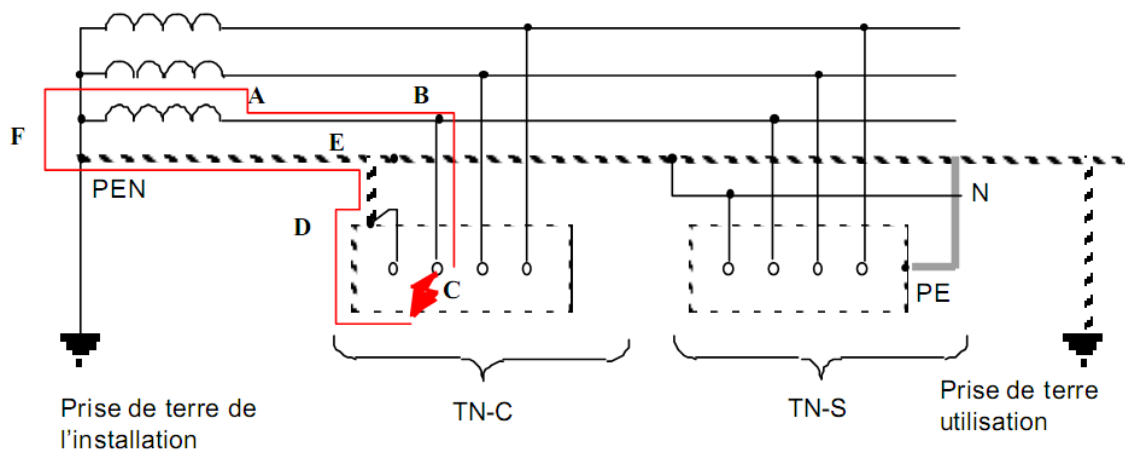
- Dispositif haute sensibilité : $I_{\Delta N} = 6 ; 12 ; 30 \text{ mA}$;
- Dispositifs moyenne sensibilité : $I_{\Delta N} = 0,1 ; 0,3 ; 0,5 ; 1 \text{ A}$;
- Dispositif faible sensibilité : $I_{\Delta N} = 3 ; 5 ; 10 ; 20 \text{ A}$.

3.3 Régime TN

3.3.1 Principe

Le neutre de l'alimentation est mis à la terre et les masses sont reliées au neutre ; Ainsi, tout défaut d'isolement est transformé en un défaut entre phase et neutre soit un court circuit dont la valeur est limitée par l'impédance des câbles.

Exemple : Le défaut entre C et la masse se referme par le conducteur de protection électrique P.E.N.



On appelle Boucle de défaut le circuit A, B, C, D, E, F. Les fusibles ou disjoncteurs doivent assurer la protection et couper le circuit dans un temps inférieur à celui défini par la courbe de sécurité.

On distingue deux types de régime TN :

- Schéma TN-C : Le conducteur neutre et de protection électrique sont en communs.
- Schéma TN-S : Le conducteur neutre est séparé du conducteur de protection électrique.

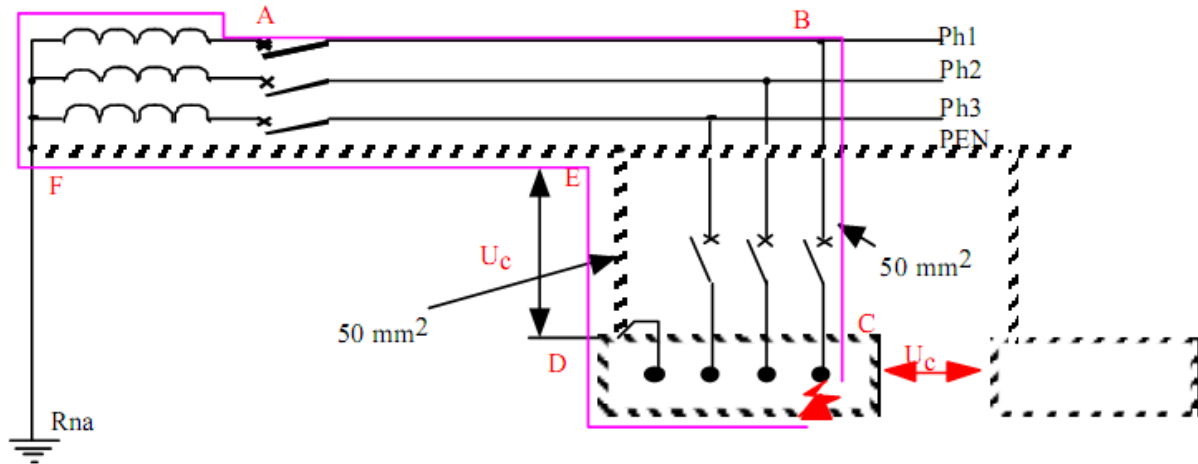
3.3.2 Explication de la protection

Lorsqu'un défaut d'isolement survient entre une phase et la masse, le fait que cette masse soit reliée au neutre produit une forte différence de potentiel. Celle-ci a tendance à provoquer le claquage de l'isolant et à transformer le défaut d'isolement en court circuit phase neutre.

L'élévation de potentiel de la masse devient rapidement dangereuse et les systèmes de protection contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs) doivent couper le circuit dans le temps défini par les courbes de sécurité. Le courant de défaut est limité seulement par l'impédance des câbles de la boucle de défaut.

3.3.3 Calcul simplifié

Dans le schéma ci-dessous, qui représente un départ basse tension, la boucle de défaut B, C, D, E est alimentée par une tension estimée à 0,8 fois la tension simple (chute de tension dans le transformateur). $V_{BE} = 230 \times 0,8 = 184 \text{ V}$



L'impédance de cette boucle de défaut dans un calcul approché est ramenée à la valeur de la résistance des câbles. $Z_d = R_d$ impédance de la boucle de défaut B, C, D, E.

On considère que le conducteur PEN suit le même parcours que le conducteur de phase B, C, donc $BC = DE$, soit une longueur de 40 m. $R_d = 2 \times R_{BC}$ d'où $R_d = 2 \cdot \rho \cdot L / S = 2 \times 17,2 \times 40 / 50 = 27,52 \cdot 10^{-3} \Omega$

Avec : $\rho_{\text{cuivre}} = 17,2 \text{ m}\Omega\text{mm}^2/\text{m}$; S : section du conducteur = 50 mm^2 ;
 L : longueur du conducteur = 40m

Le courant du défaut I_d est donnée par la relation $I_d = V_{BC} / R_d = 184 / 27,52 \cdot 10^{-3} = 6686 \text{ A}$

La tension (U_c) peut être considérée comme la moitié de la tension aux bornes de la boucle de défaut, soit : $U_c = V_{DE} = V_{BC} / 2 = 184 / 2 = 92 \text{ V}$

Si la protection du circuit est assurée par un disjoncteur de calibre $I_N = 160 \text{ A}$ avec un relais magnétique qui déclenche à 7 fois l'intensité nominale : $I_m = 7 \cdot I_N = 7 \times 160 = 1120 \text{ A}$

$I_d > I_m$ provoque le déclenchement du disjoncteur.

Il faut aussi s'assurer que le temps de déclenchement du disjoncteur est inférieur au temps maximal donné par la courbe de sécurité : $t_{\text{disjoncteur}} < t_{\text{sécurité}}$

- o Temps de déclenchement du disjoncteur 160 A donné par le constructeur : $t_{\text{disjoncteur}} = 0,025 \text{ s}$ soit 25ms ;
- o Temps donné par la courbe de sécurité pour une tension de contact de 88 V, courbe $U_L = 25 \text{ V}$: $t_{\text{sécurité}} = 0,12 \text{ s}$

Les deux conditions (courant de défaut suffisant pour faire déclencher le disjoncteur et temps de déclenchement du disjoncteur suffisamment court) sont réalisées dans ce cas de calcul approché.

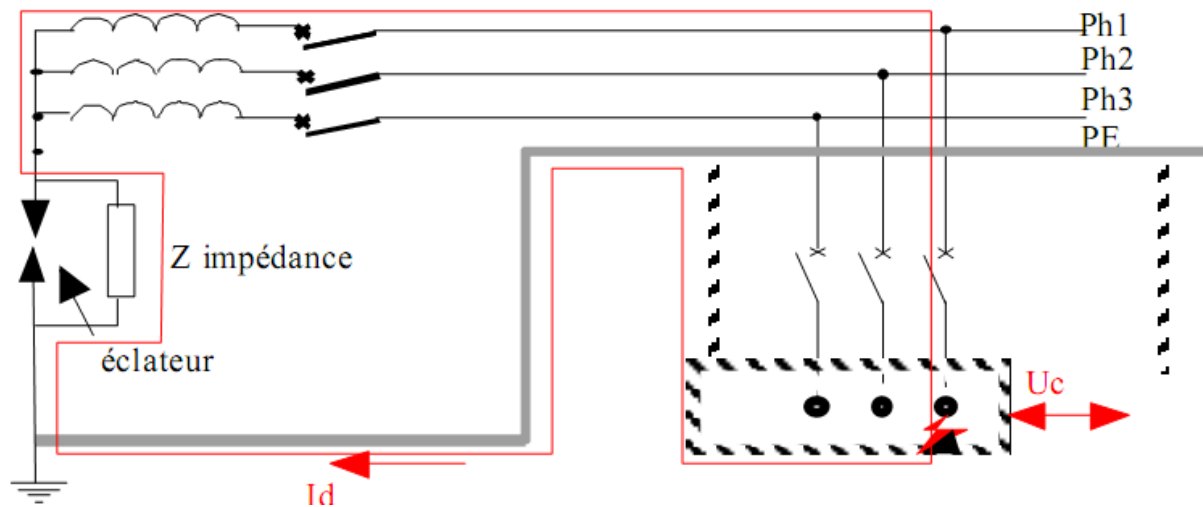
3.4 REGIME IT

3.4.1 Principe de la protection

Dans le régime de neutre isolé :

- Le neutre est isolé de la terre ou relié à la terre par une impédance élevée ;

- Les masses sont reliées à une prise de terre.



9

Cas d'un premier défaut :

Un premier défaut n'est pas dangereux, mais il doit être recherché et éliminé.

Au deuxième défaut, il faut impérativement couper le circuit en défaut.

a) exemple de calcul sans impédance Z :

Données : - réseau isolé, impédance d'isolement $Z_n = 50\,000\ \Omega$;

- résistance du défaut $R_d = 0\ \Omega$;

- résistance de terre $R_a = 10\ \Omega$.

La loi d'ohm nous donne $I_d = 230 / (10 + 0 + 50000) = 0.005\text{A}$

Le courant est très faible du fait de la forte impédance d'isolement du neutre.

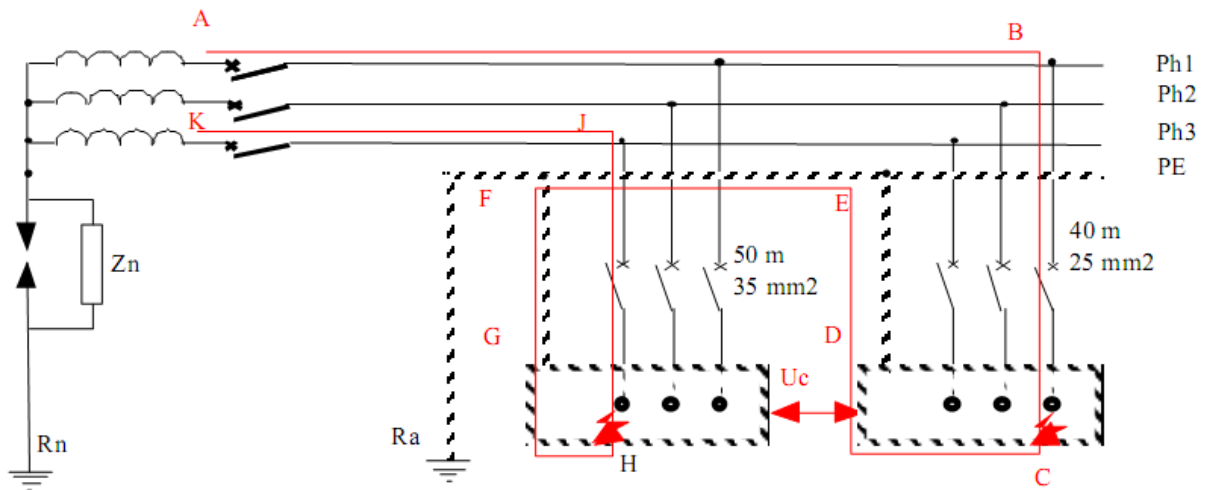
La tension de défaut est alors $U_c = 10 \times 0.005 = 0.05\text{V}$; elle est inoffensive.

Tout se passe comme si on se trouvait devant un réseau avec une phase à la terre, et les deux autres phases ainsi que le neutre isolé.

Remarque : Dans une installation à neutre isolé (IT), l'impédance équivalente ramenée entre neutre et terre est d'environ $3\,500\ \Omega$ par km de ligne ; elle est due aux capacités et aux fuites à la terre qui se font par les isolants.

Cas d'un défaut double :

Soit le jeu de barre ci dessous qui alimente deux départs, et sur lequel il existe deux défauts. L'un sur la phase 1, l'autre sur la phase 3.



Calcul simplifié :

En cas de défaut double, il s'établit un courant de défaut I_d dans la boucle A, B, C, D, E, F, G, H, J, K.

Données : Z_d = impédance de la boucle B, C, D, E, F, G, H, J. Réseau 400 V triphasé.

Calculs :

$$U_{BJ} = Z_d \cdot I_d$$

Si l'on néglige la réactance, l'impédance de la boucle de défaut peut être égale à :

U_{BJ} est tension entre phase estimée à 0.8 U comme en TN d'où $U_{BJ} = 0,8 \cdot 400 = 320$

Si l'on néglige la réactance, l'impédance de la boucle de défaut peut être égale à :

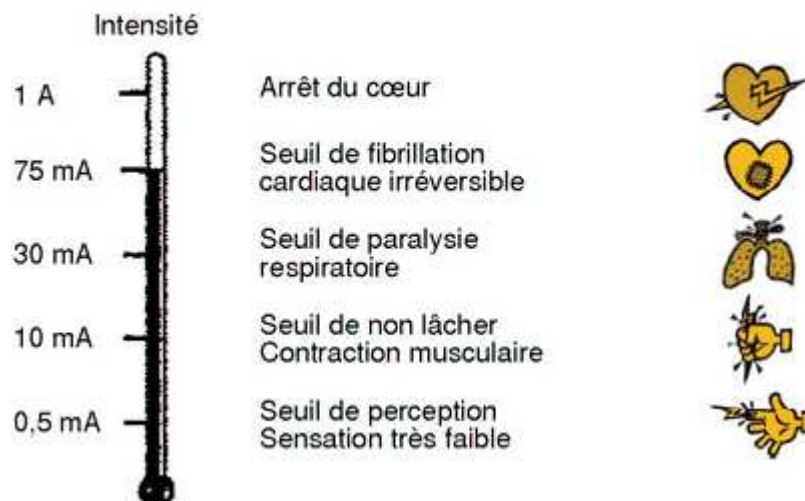
$$Z_d = 2 \cdot (R_{BC} + R_{HJ}) = 2 \cdot \rho \cdot (40/25 + 50/35) = 2 \cdot 17,2 \cdot (1,6 + 1,4) = 103,2 \cdot 10^{-3} \Omega$$

L'intensité de défaut est alors de : $I_d = U_{BJ}/Z_d = 320/0,1032 = 3100A$

La tension de contact est alors de : $U_c = U_{BJ}/2 = 320/2 = 160V$ C'est une tension de contact *dangereuse*.

A travers ces résultats, on voit qu'en cas de défaut double, en régime de neutre IT, on est en présence d'un fort courant de court circuit et d'une tension de contact dangereuse.

EFFETS DU COURANT ALTERNATIF*



Commande des machines électriques

1 Généralités

1.1 L'utilisation des moteurs électriques

Le rôle de cet actionneur est de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique. Il s'associe souvent à un système d'entraînement du type : réducteur ou variateur de vitesse. Il peut être bridé directement sur le réducteur et dans ce cas la transmission du mouvement se fait par engrenages internes. Il peut aussi être séparé du réducteur et avec une transmission du mouvement réalisée par courroies ou chaînes.

1

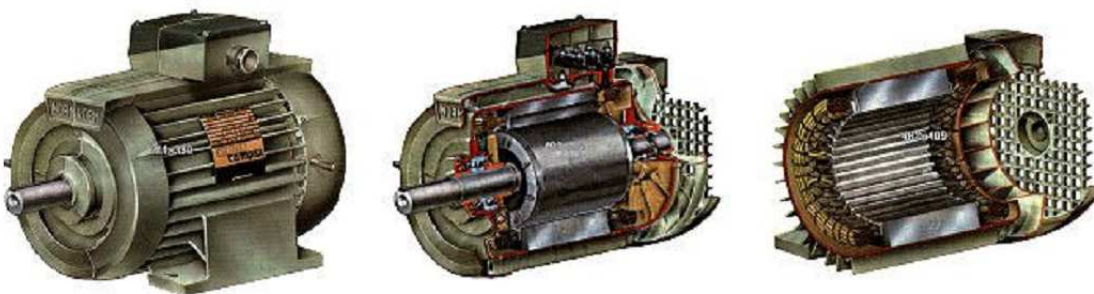
1.2 Les Principaux moteurs électriques

Les moteurs électriques à usage industriel peuvent se classer en cinq familles

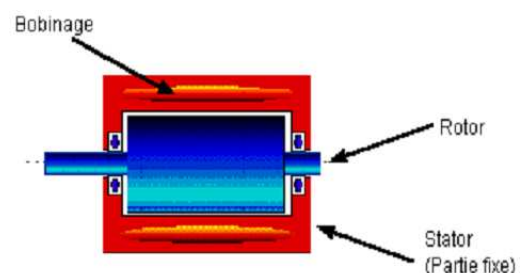
- Asynchrone triphasé :
 - moteur triphasé à rotor en court-circuit,
 - moteur triphasé à bagues (de moins en moins utilisé).
- Asynchrone monophasé à cage.
- Moteur universel.
- Synchrone à aimants permanents.
- A courant continu (de moins en moins utilisé).

Remarque : Le moteur triphasé à rotor en court-circuit est le moteur le plus utilisé. Il ne demande que très peu d'entretien tout en restant fiable au niveau du fonctionnement.

1.3 Rappel sur les moteurs synchrones triphasés



Le moteur asynchrone triphasé est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage, et d'une partie rotative, le rotor qui est bobiné en cage d'écureuil. Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont constitués d'un empilage de fines tôles métalliques pour éviter la circulation de courants de Foucault.



1.3.1 Principe de fonctionnement

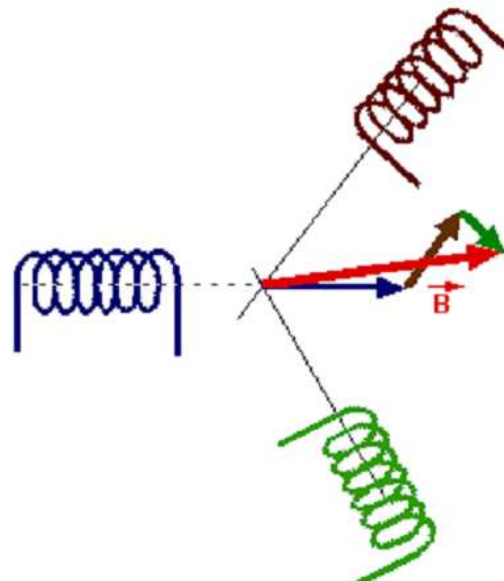
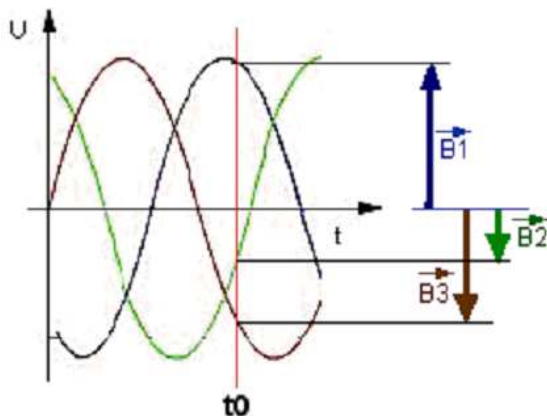
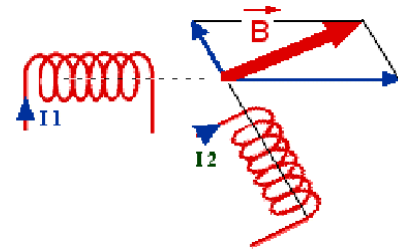
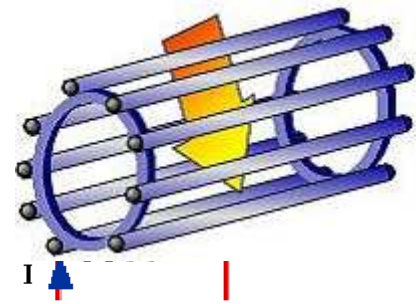
Le principe des moteurs à courants alternatifs réside dans l'utilisation d'un champ magnétique tournant produit par des tensions alternatives

La circulation d'un courant dans une bobine crée un champ magnétique B . Ce champ est dans l'axe de la bobine, sa direction et son intensité sont fonction du courant I . C'est une grandeur vectorielle.

Si le courant est alternatif, le champ magnétique varie en sens et en direction à la même fréquence que le courant.

Si deux bobines sont placées à proximité l'une de l'autre, le champ magnétique résultant est la somme vectorielle des deux autres.

Dans le cas du moteur triphasé, les trois bobines sont disposées dans le stator à 120° les unes des autres, trois champs magnétiques sont ainsi créés. Compte-tenu de la nature du courant sur le réseau triphasé, les trois champs sont déphasés (chacun à son tour passe par un maximum). Le champ magnétique résultant tourne à la même fréquence que le courant soit 50 tr/s.



Les 3 enroulements statoriques créent donc un champ magnétique tournant, sa fréquence de rotation est nommée fréquence de synchronisme. Si on place une boussole au centre, elle va tourner à cette vitesse de synchronisme.

Le rotor est constitué de barres d'aluminium noyées dans un circuit magnétique. Ces barres sont reliées à leur extrémité par deux anneaux conducteurs et constituent une "cage d'écureuil". Cette cage est en fait un bobinage à grosse section et très faible résistance.

Cette cage est balayée par le champ magnétique tournant. Les conducteurs sont alors traversés par des courants de Foucault induits.

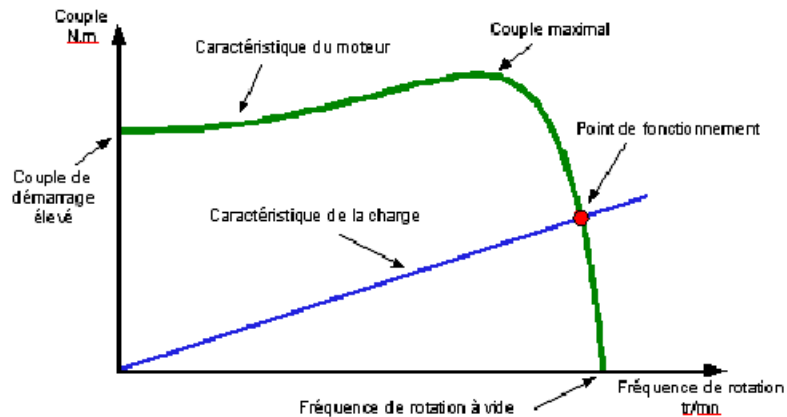
Des courants circulent dans les anneaux formés par la cage, les forces de Laplace qui en résultent exercent un couple sur le rotor. D'après la loi de Lenz les courants induits s'opposent par leurs effets à

la cause qui leur a donné naissance. Le rotor tourne alors dans le même sens que le champ mais avec une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme de ce dernier.

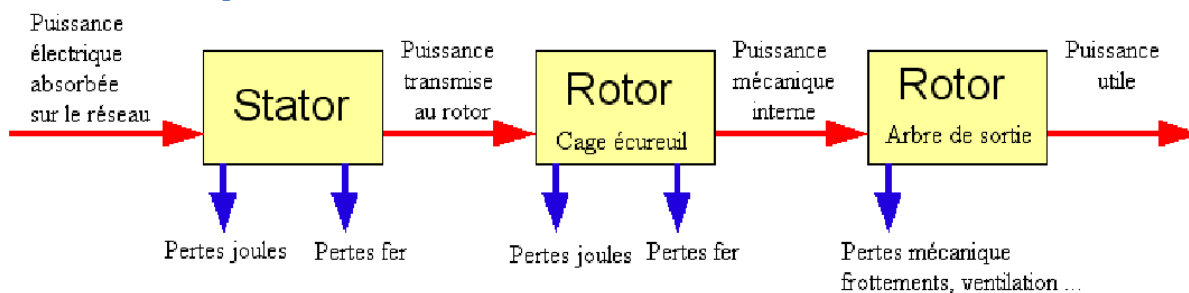
Le rotor ne peut pas tourner à la même vitesse que le champ magnétique, sinon la cage ne serait plus balayée par le champ tournant et il y aurait disparition des courants induits et donc des forces de Laplace et du couple moteur. Les deux fréquences de rotation ne peuvent donc pas être synchrones d'où le nom de moteur asynchrone.

1.3.2 Caractéristique du moteur asynchrone

Le couple varie avec la fréquence de rotation pour le moteur et pour la charge entraînée. Les caractéristiques du moteur et de la charge se croisent au point de fonctionnement pour lequel les couples moteur et résistant sont identiques



1.3.3 Bilan des puissances



La puissance consommée sur le réseau en triphasé est

$$P = UI\sqrt{3} \cos\varphi$$

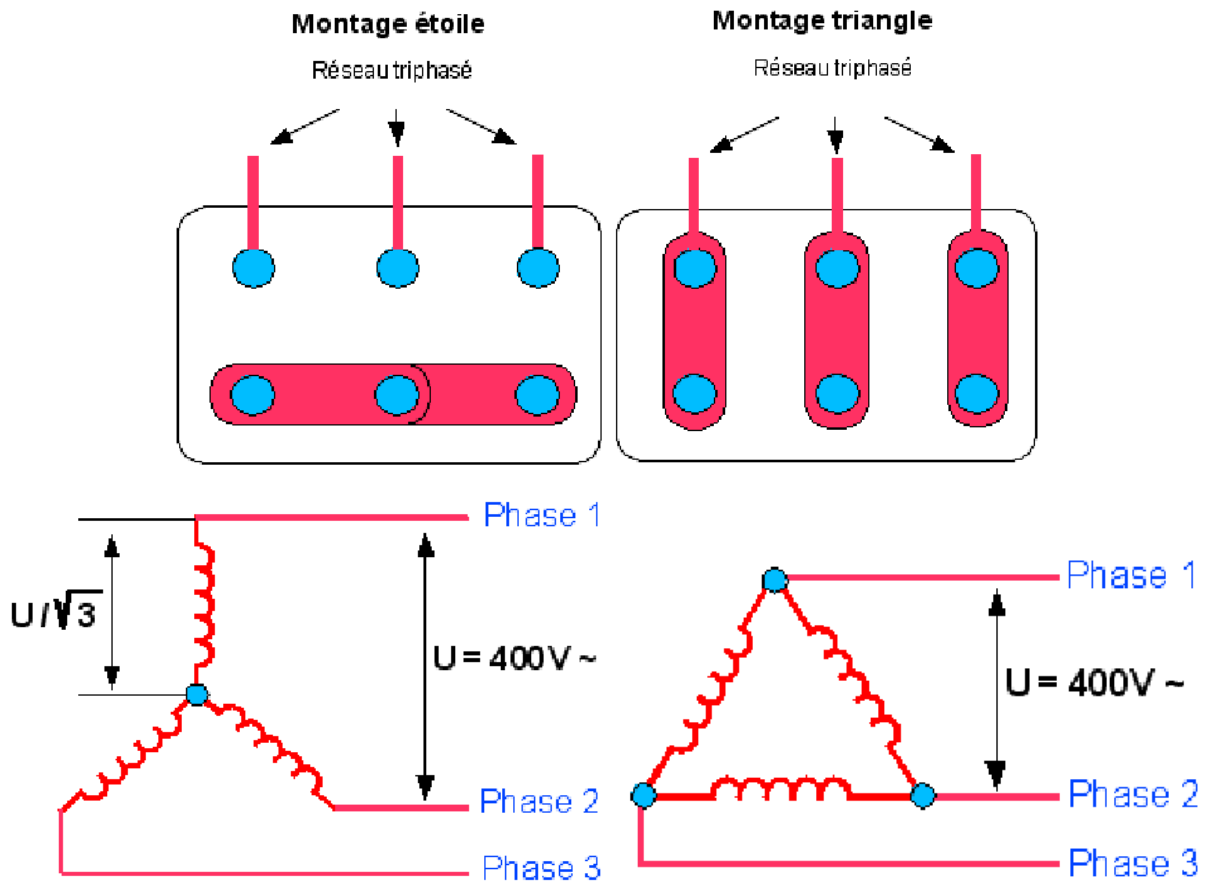
Le $\cos\varphi$ du moteur est une caractéristique indiquée sur la signalétique

LEROY-SOMER MOT. 3 ~ LS 100 L N° 8945/79 22 kg Code : T						
IP 55	I el. F	40°C	S1	%	c/h	
Δ 380	50	1415	3	0,83	7,1	
Δ 400	50	1420	3	0,78	7,2	
Δ 415	50	1430	3	0,74	7,3	
MADE IN FRANCE DE NDE MOTEURS LEROY-SOMER IEC 34-1(87)						

plaque

1.3.4 Branchement étoile ou triangle

Il y a deux possibilités de branchement du moteur au réseau électrique triphasé. Le montage en étoile et le montage en triangle. Avec un branchement en étoile, la tension aux bornes de chacune des bobines est d'environ 230V. Dans le montage en triangle, chacune des bobines est alimentée avec la tension nominale du réseau (400V). On utilise le montage étoile si un moteur de 230V doit être relié sur un réseau 400V ou pour démarrer un moteur à puissance réduite dans le cas d'une charge avec une forte inertie mécanique.

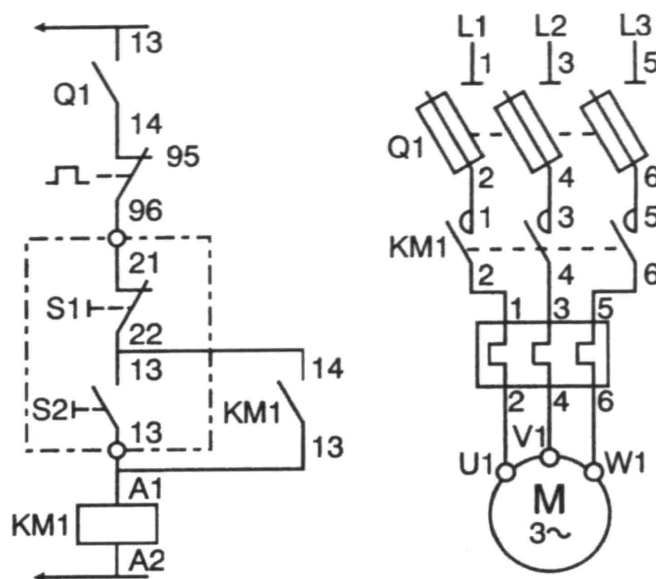


2 Commande et démarrage des moteurs électriques

La plaque à bornes d'un moteur asynchrone triphasé constituée de 6 bornes repérées U1, V1, W1, U2, V2, W2 permet selon le couplage, d'alimenter le moteur sous deux tensions différentes.

2.1 Le démarrage des moteurs asynchrones triphasés

2.1.1 Le démarrage direct

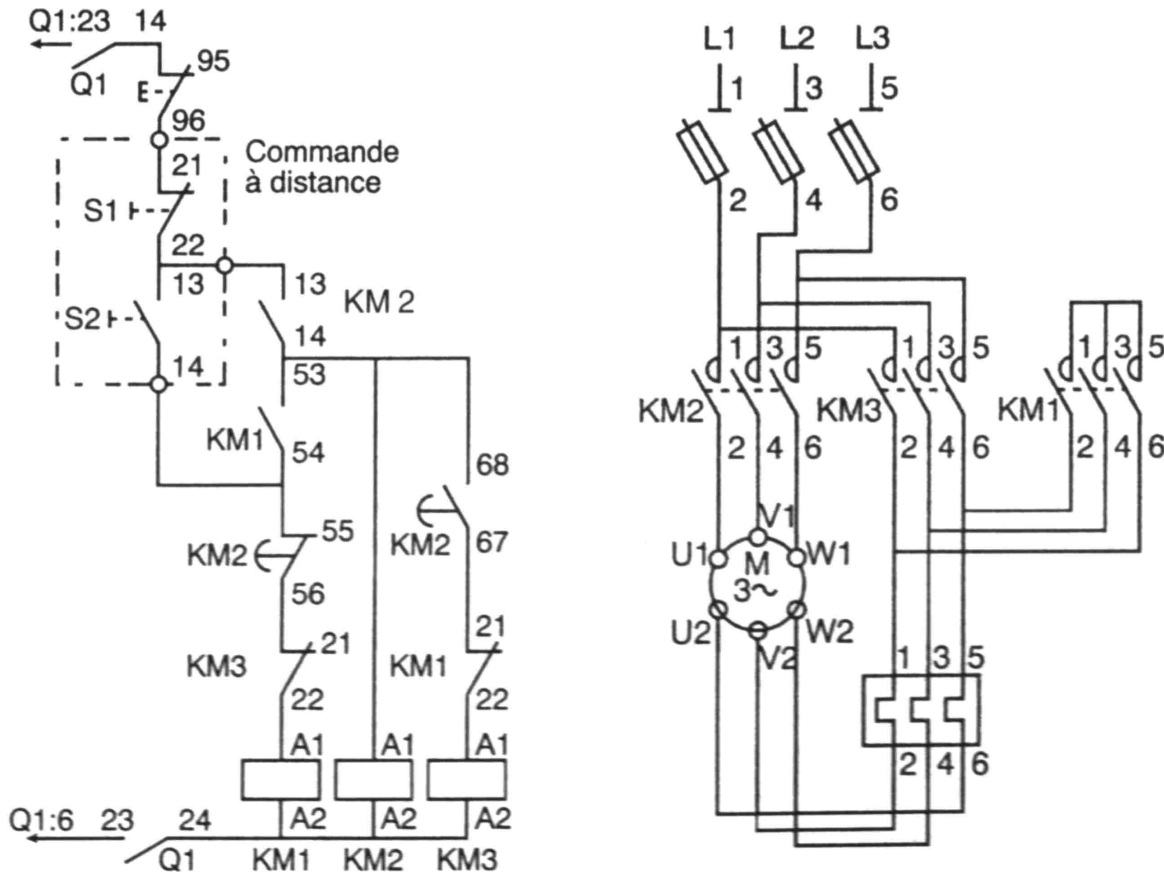


Le moteur est alimenté en triphasé. La protection de celui-ci est assurée par **fusibles de type aM** et par **relais thermique**. L'action sur le bouton **S2** enclenche le contacteur KM1 qui **s'auto alimente**. **S1** provoque l'arrêt.

Inconvénient : forte intensité au démarrage (7 à 9*In), ce qui provoque des perturbations sur le réseau.

2.1.2 Le démarrage étoile-triangle

Il ne s'applique qu'aux moteurs à **plaques à bornes complète** et dont le **couplage triangle** correspond à la **tension du réseau**.



Dans ce cas, on **diminue la tension** donc **l'intensité** de démarrage.

Celui ci se fait en deux temps :

- Dans un premier temps, on **alimente** le moteur en **étoile** (moteur sous-alimenté),
- Dans le second temps, on l'alimente en **triangle** (tension **nominale** de fonctionnement).

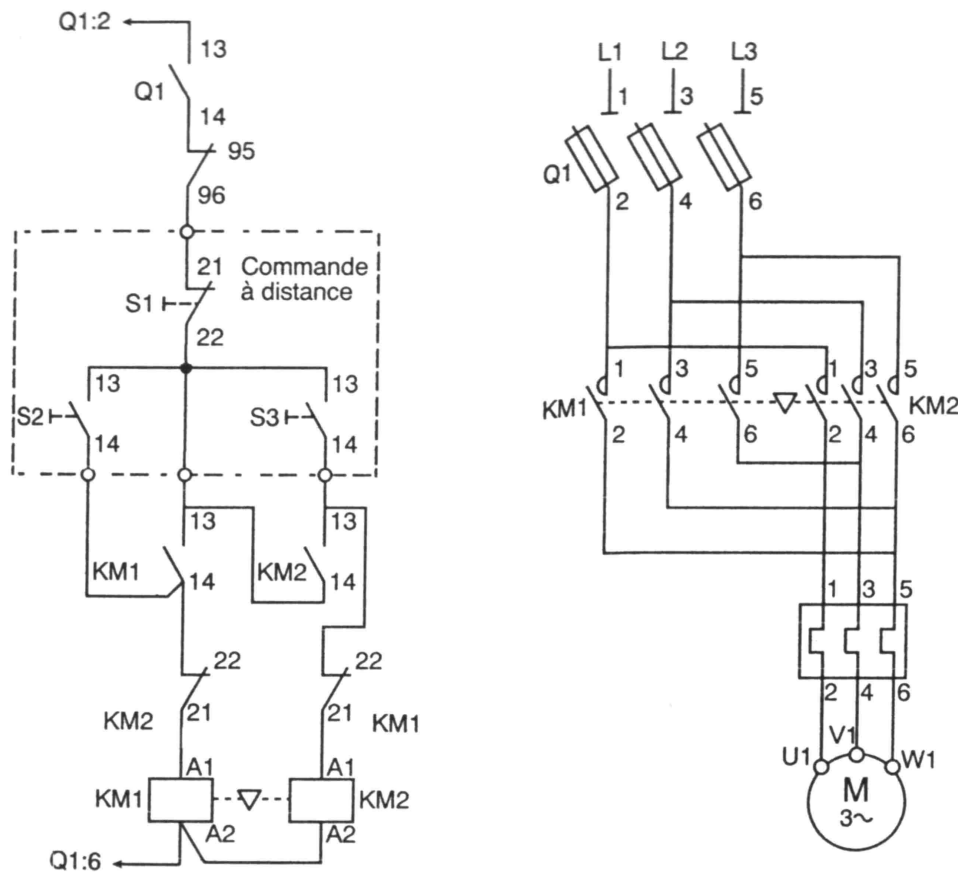
L'action sur S2 enclenche les contacteurs KM1 et KM2. On autoalimente par KM2 (13 et 14). Lorsque la **temporisation** de KM2 est terminée, on coupe KM1 et on referme KM3. L'arrêt se fait par l'appui sur S1.

Le moteur doit toujours démarrer à vide.

- ↗ KM1 : Contacteur Etoile
- ↗ KM2 : Contacteur de ligne
- ↗ KM3 : Contacteur Triangle.

2.1.3 Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé.

Pour **inverser** le sens de **rotation** d'un moteur, il suffit **d'inverser deux phases** d'alimentation à l'aide d'un **contacteur inverseur**.



2.2 Démarrage par démarreur progressif (démarreur électronique)

2.2.1 Introduction

Dans les paragraphes précédentes, nous avons vu que certains procédés de démarrage permettent de limiter l'énergie appelée au réseau et de diminuer les contraintes sur l'installation.

D'où:

- Une réduction de la chute de tension en ligne pour ne pas gêner les autres utilisateurs.
- Une réduction de la pointe de courant qui s'accompagne d'une réduction du couple moteur.

Le rôle d'un démarreur électronique est quand à lui, de permettre un démarrage progressif du moteur

• **Avantages:** Démarrage sans à coup

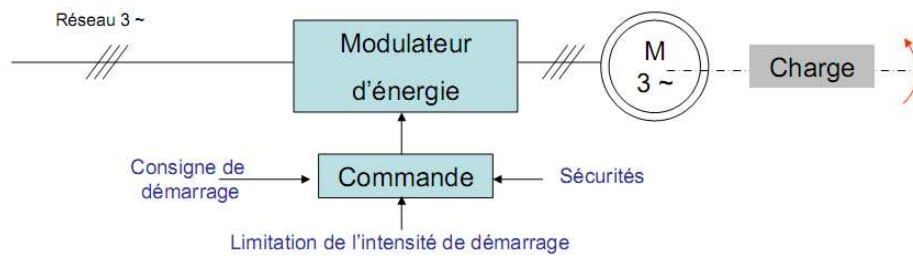
Montée progressive en vitesse

Limitation de l'appel du courant lors du démarrage

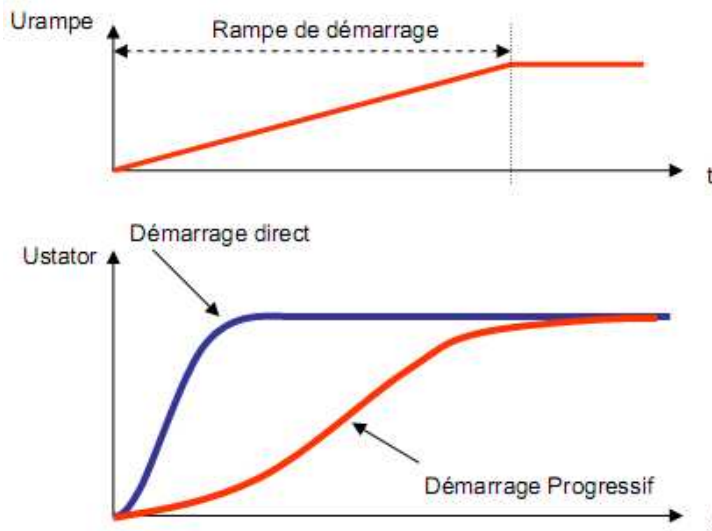
Usure réduite des systèmes mécaniques de transmission

Ces démarreurs remplacent de plus en plus les démarreurs à technologie électromagnétique (étoile triangle, par résistances statoriques ou rotoriques, par autotransformateur) et ceci dans toutes les gammes de puissances.

Principe de fonctionnement

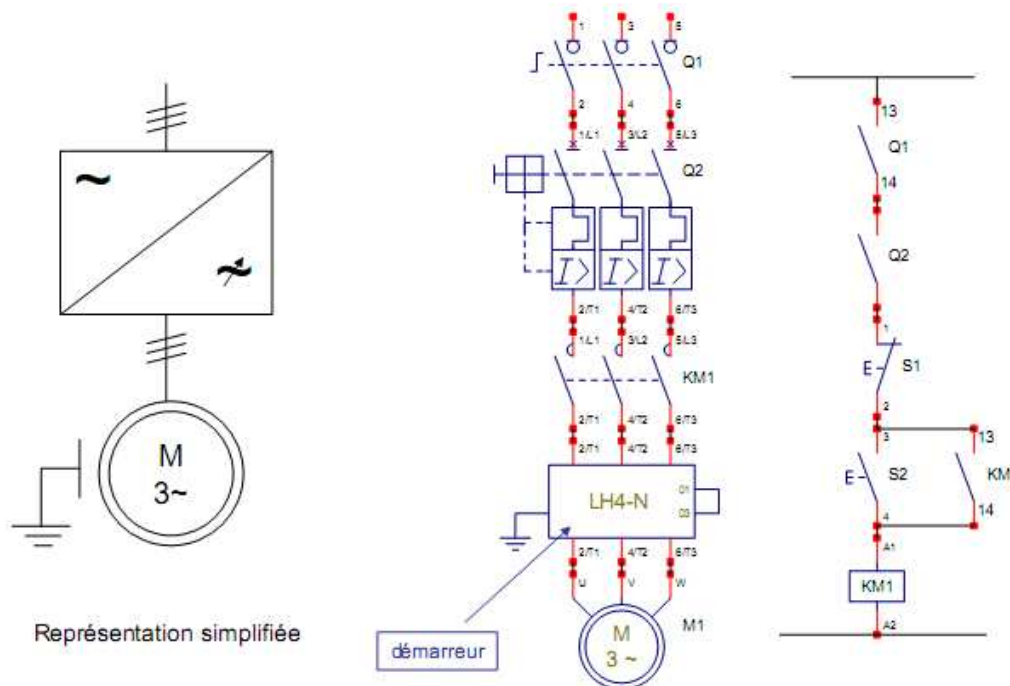


7



- La tension du réseau d'alimentation est appliquée progressivement au stator du moteur.
- La variation de la tension statorique est obtenue par la variation continue de l'angle (α) de retard à l'amorçage des thyristors du modulateur d'énergie.
- La consigne de démarrage permet de régler le temps de la phase de démarrage.
- A la fin du démarrage, le stator du moteur est sous tension nominale, les thyristors sont alors en pleine conduction.

Schémas



2.2.2 Commande des moteurs asynchrones par modulateur d'énergie.

Malgré sa conception ancienne, le moteur asynchrone reste toujours d'actualité car l'électronique permet maintenant de faire varier sa fréquence de rotation. Pour faire varier celle-ci, il faut modifier la fréquence de rotation du champ magnétique et donc la fréquence du courant d'alimentation. Les variateurs de vitesse sont des variateurs de fréquence

Ils permettent

- Une gamme de vitesses de 5% à 200% de la vitesse nominale
- Une conservation du couple sur toute la gamme de vitesses
- Des rampes d'accélération et de décélération
- Deux sens de rotation La consigne de vitesse est en général fournie sous forme d'une tension de 0 à 10V par exemple Une protection du moteur est intégrée au variateur.



8

Le courant électrique issu du réseau est dans un premier temps converti en courant continu, il est ensuite reconverti en courant alternatif par un onduleur mais avec une fréquence différente. Il est ainsi possible de convertir du monophasé en triphasé si c'est nécessaire.

L'onduleur travaille en hacheur, il va moduler le courant par largeur d'impulsions (PWM), le courant résultant est proche d'une sinusoïdale.

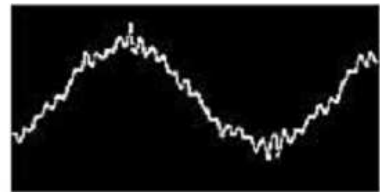
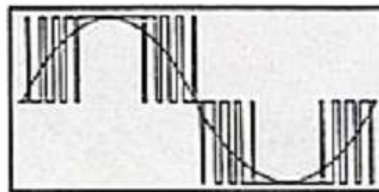
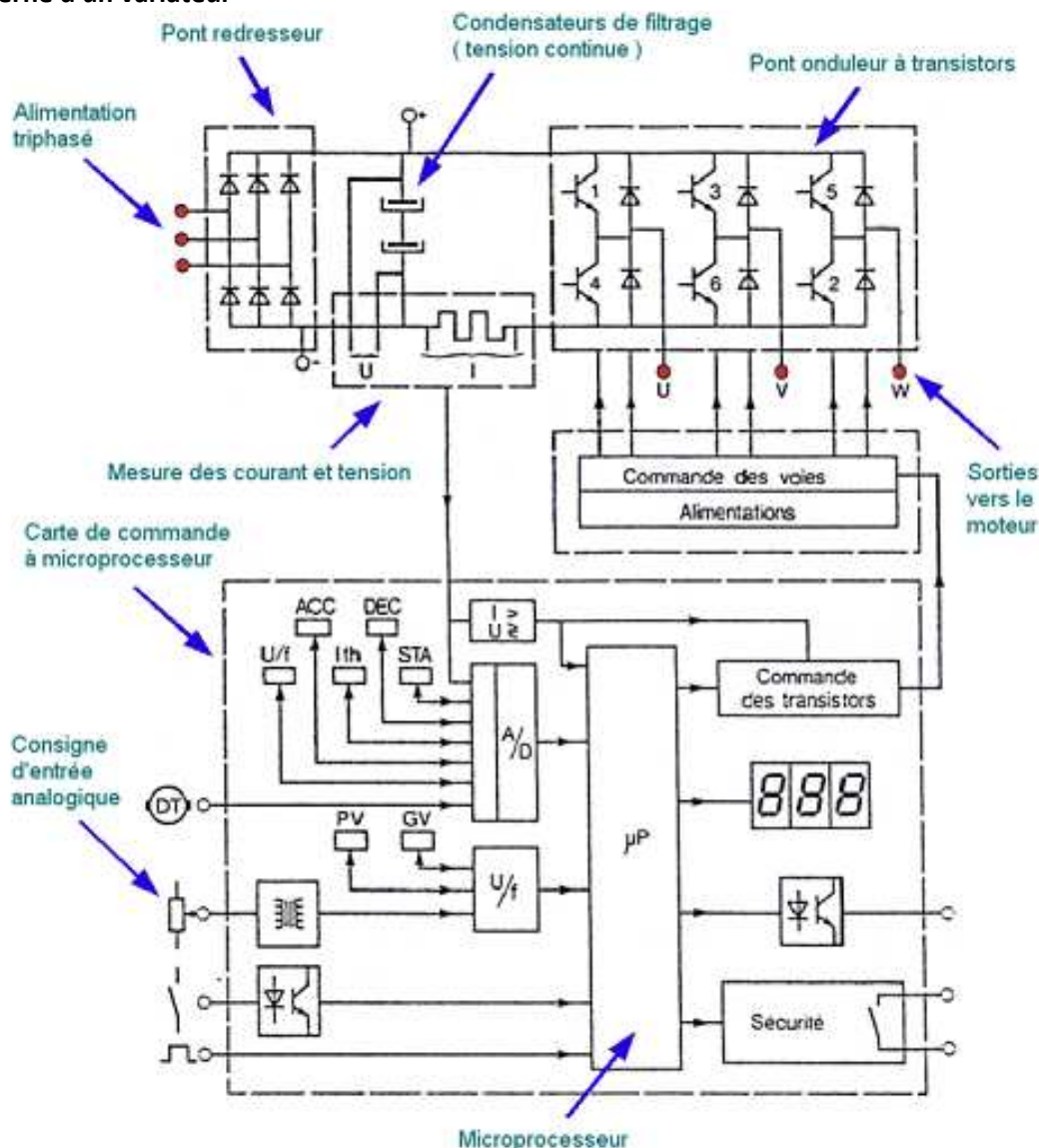


Schéma interne d'un variateur



3 Freinage des moteurs asynchrones

3.1 Introduction

Le fonctionnement d'un système industriel peut nécessiter pour le moteur d'entraînement:

- Un ralentissement
- Un freinage
- Un maintien à l'arrêt

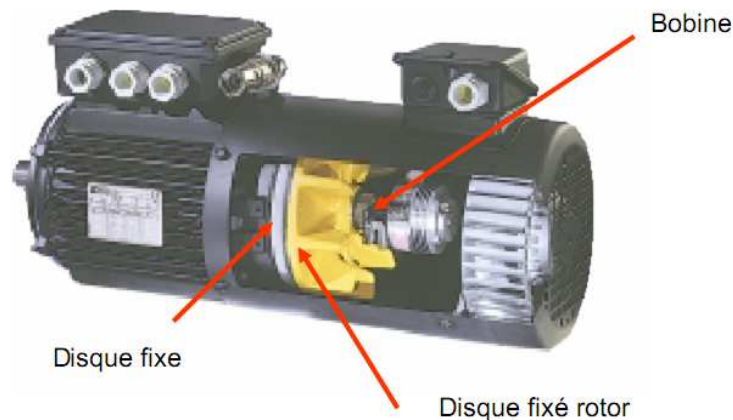
Pour cela, on utilise des systèmes de freinage électromécanique ou électronique.

Avantages:

- Maîtrise du couple de freinage
- Décélération progressive
- Contrôle du temps de mise à l'arrêt
- Usure réduite des systèmes mécaniques de transmission

3.2 Freinage électromécanique

Il s'agit d'un frein à disque incorporé au moteur, on appelle l'ensemble MOTEUR FREIN.



Fonctionnement:

- Une bobine commande le déplacement d'un disque bloqué en rotation.
- Ce disque vient en contact avec un disque fixé sur le rotor du moteur.
- Le frottement des deux disques provoque le ralentissement du moteur.

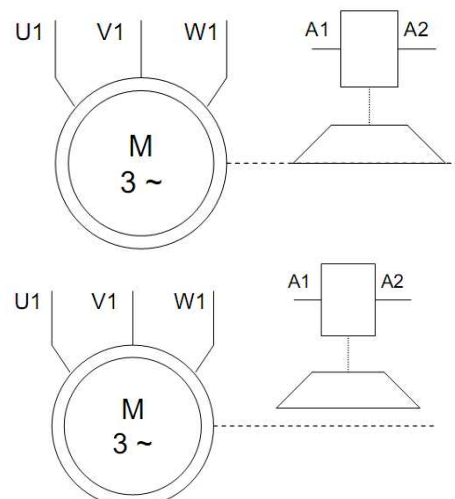
Le processus de freinage s'effectue soit par manque de courant dans la bobine de freinage, soit par présence de courant.

Frein à manque de courant:

- Dès que la bobine de commande du frein n'est plus alimentée, le disque n'est plus maintenu et le freinage s'effectue (par un ressort de rappel). Ce type de frein est utilisé lorsque le maintien dans une position définie à l'arrêt est demandé.

Frein à présence de courant:

- Le freinage a lieu dès que la bobine de commande du disque est alimentée.



3.3 Freinage par contre courant

Ce mode de freinage est obtenu par inversion de deux phases.

Généralement, un dispositif électrique de coupure déconnecte le moteur du réseau au moment du passage de la vitesse à $N=0$.

Le couple de freinage moyen est en général, supérieur au couple de démarrage.

Inconvénient, ce mode de freinage implique des courants absorbés important (environ $7 \times I_n$)

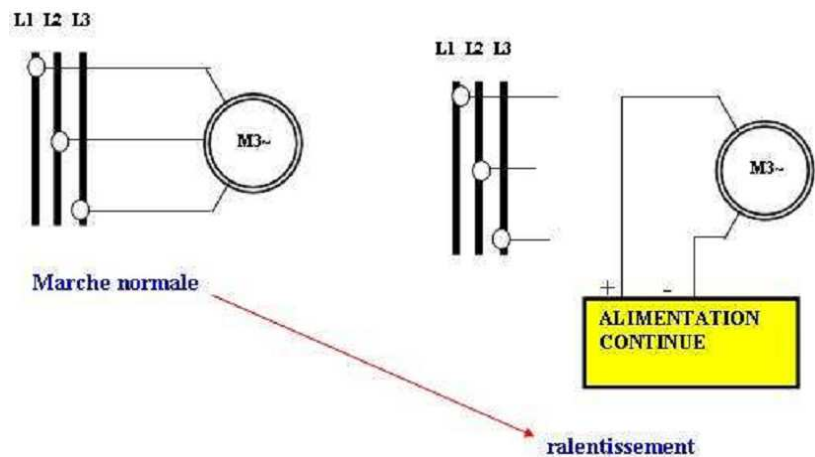
10

3.4 Freinage par injection de courant continu

Lors de l'injection de courant continu dans ses enroulements, le moteur se comporte comme un alternateur et devient donc une charge ralentissante.

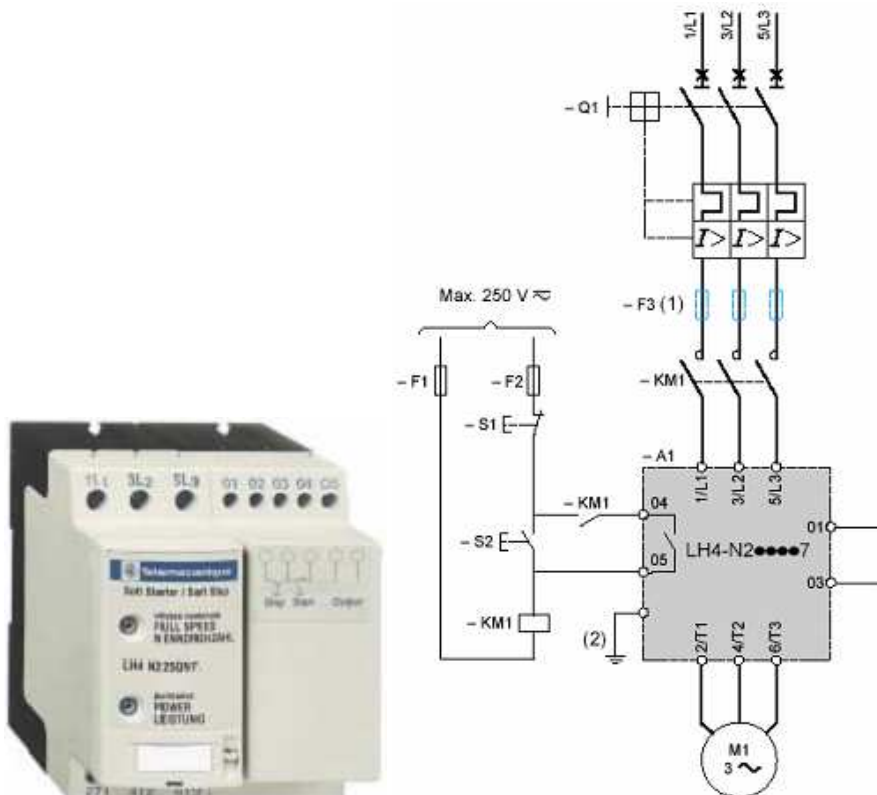
Il faut séparer les bobinages statoriques du réseau d'alimentation, puis alimenter deux d'entre eux par une source continue Très Basse Tension (20 à 24 V)

Plus la valeur du courant est importante, plus le moteur est freiné rapidement.

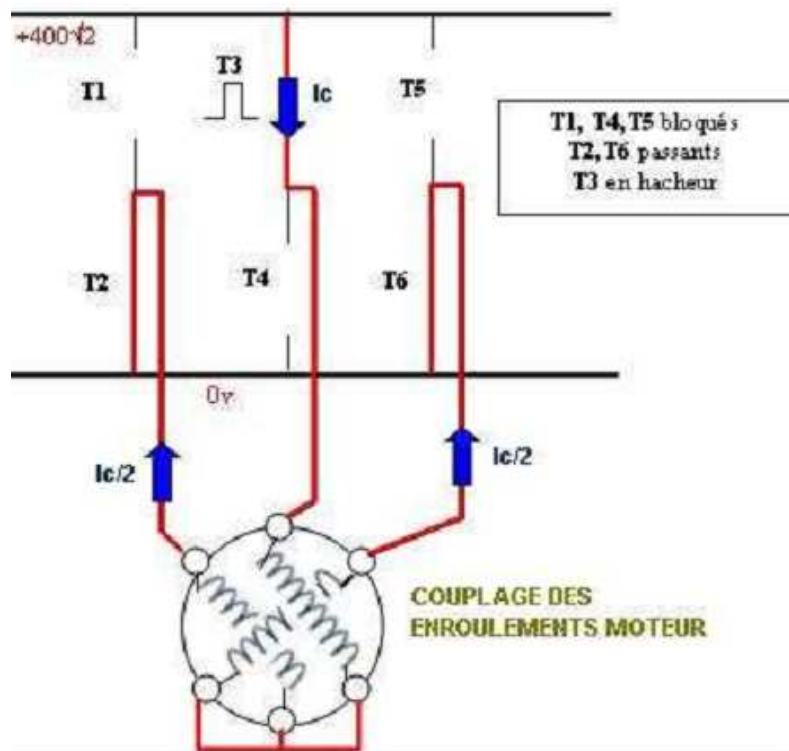


Freinage électronique

Certain de ces modules de freinage sont des options des démarreurs progressifs, d'autres y sont directement incorporé, il s'agit alors de démarreur ralentisseur progressif.



Lors du freinage, les transistors de l'onduleur sont commutés ainsi



On observe 3 phases durant le ralentissement

- 1-Durant 0,5s le moteur ralentit normalement en décélération
- 2-On injecte $1,5I_n$ pendant 3s
- 3-On injecte $0,5I_n$ le reste du freinage.

Cette possibilité de réglage du courant est due au hacheur. Les enroulements (inductifs) se chargeant en courant pendant les phases de conduction et se déchargent lors du blocage de T3.