Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire de Relizane
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique



Schémas et Appareillages électriques

Commande des systèmes électriques
1ère année Master

Dr. BENAIRED Noreddine
Année : 2014

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

SOMMAIRE

I. GENERALITES..... 02

II. CHOIX ET CLASSIFICATIONS DE L'APPAREILLAGE 02

III. CONTACT ELECTRIQUE..... 05

IV. PHENOMENES LIES AU COURANT ET A LA TENSION ELECTRIQUES..... 06
1. Les surintensités..... 06
a. La surcharge..... 06
b. Le court-circuit..... 07
2. Les surtensions 08
2.1 Types de surtension dans les réseaux électriques..... 09
3. Les efforts électrodynamiques..... 10
4. Rigidité diélectrique..... 10
5. Isolant électrique..... 10
6. Claquage électrique..... 11
7. Ionisation des gaz..... 11

V. PHENOMENES D'INTERRUPTION DU COURANT ELECTRIQUE..... 12
1. Définition de l'arc électrique 12
2. Naissance d'un arc électrique à la coupure d'un circuit 12
3. Etude temporelle de la tension d'arc en courant alternatif 13
4. Coupure avec l'arc électrique 14
5. Inconvénients, dangers de l'arc électrique 14
6. Processus de coupure avec l'arc électrique 14
7. Les milieux de coupure 15
8. Différentes techniques de coupure de l'arc 16

VI. FONCTIONS DE L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE 18
A. APPAREILLAGES DE CONNEXION ET DE SEPARATION 18
1. Contacts permanents 18
2. Bornes de connexion 18
3. Prises de courant (basse tension) 18
4. Les sectionneurs 19
B. APPAREILLAGES D'INTERRUPTION 22
1. Les interrupteurs 22

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2. Les interrupteurs-sectionneurs 22
3. Les contacteurs 23
C. APPAREILLAGES DE PROTECTION 29
1. Fusible 29
2. Relais thermique 35
3. Relais magnétique (électromagnétique) 40
4. Relais magnétothermique 41
5. Discontacteurs 41
6. Le Disjoncteur magnétothermique 42

VII ELABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES 51
1. Normalisation 51
2. Schéma électrique. 51
3. Classification des schémas 51
4. Identification des éléments 55
5. Repérage des conducteurs sur les schémas 61

VIII TRAVAUX PRATIQUES 63

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

COURS APPAREILLAGES ET SCHEMAS ELECTRIQUES

Conçu pour faciliter la compréhension, l'apprentissage ainsi que la révision, ce support propose un cours simple pour accompagner les étudiants de la première année Master spécialité : génie électrique, option : Commande des systèmes électriques jusqu'à l'examen.

Ce support de cours rassemble les connaissances essentielles en traitant le fonctionnement, la constitution, la technologie et la mise en œuvre du matériel électrique utilisé dans les réseaux électriques (transport, distribution, réseaux d'usines). Il permet, d'une part, aux étudiants de comprendre la structure du matériel des réseaux électriques tel que, les disjoncteurs, les interrupteurs, les sectionneurs, les contacteurs...; de spécifier les équipements électriques (choix et dimensionnement) et 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.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

I. GENERALITES

L'appareillage électrique est un élément qui permet d'obtenir la protection et l'exploitation sûre et ininterrompue d'un réseau électrique.

La parfaite maîtrise de l'énergie électrique exige de posséder tous les moyens nécessaires à la commande et au contrôle de la circulation du courant dans les circuits qui vont des centrales de production jusqu'aux consommateurs. Cette délicate mission incombe fondamentalement à l'appareillage électrique. Son rôle est d'assurer en priorité la protection automatique de ces circuits contre tous les incidents susceptibles d'en perturber le fonctionnement, mais aussi d'effectuer sur commande les différentes opérations qui permettent de modifier la configuration du réseau dans les conditions normales de service. L'appareillage électrique permet d'adapter, à chaque instant, la structure du réseau aux besoins de ses utilisateurs, producteurs et consommateurs d'électricité, et de préserver, totalement ou partiellement, cette fonction en cas d'incident. C'est assez dire l'importance du rôle de l'appareillage électrique pour la manœuvre et la protection du réseau. Il faut qu'il soit disponible à tout moment et puisse intervenir sans défaillance, au point de faire oublier qu'il existe.

Pour remplir ses fonctions avec fiabilité et disponibilité, il doit posséder de nombreuses aptitudes :

- supporter des contraintes diélectriques dues à des ondes de chocs (dues à la foudre ou à la manœuvre d'appareils) ou à des tensions à fréquence industrielle ;
- assurer le passage du courant permanent ou de court-circuit, sans échauffement excessif et sans dégradation des contacts ;
- être capable de fonctionner dans des conditions atmosphériques défavorables : à haute ou à basse température, en altitude où la densité de l'air est plus faible, parfois sous forte pollution (pollution marine, vents de sables...) ;
- supporter des séismes avec une accélération au sol égale à 0,2g ou 0,5g ;
- et surtout, pour les disjoncteurs, être capable d'interrompre tous les courants inférieurs à son pouvoir de coupure (courants de charge et courants de court-circuit).

On exige de lui une fiabilité presque parfaite, des opérations de maintenance légères et en nombre limité dans la mesure où ces interventions sont à la fois coûteuses et gênantes pour l'exploitation.

II. CHOIX ET CLASSIFICATIONS DE L'APPAREILLAGE

Choisir l'appareillage électrique adapté au récepteur demande une bonne connaissance du comportement du récepteur lors de l'utilisation normale et lors de dysfonctionnement en prenant en considération la cadence de fonctionnement, le risque de surcharge, la résistance aux courts-circuits et la résistance aux surtensions.

Les constituants (appareillages, sous-ensembles) doivent être conformes aux normes correspondantes et convenir à leur application particulière en ce qui concerne la présentation extérieure de l'ensemble (ouvert ou enveloppé), leurs caractéristiques électriques et mécaniques.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Certaines de ces caractéristiques peuvent être affectées par leur incorporation à un ensemble ; c'est notamment le cas des fusibles, des contacteurs et des interrupteurs, susceptibles de faire l'objet d'un déclassement (diminution de leur courant assigné), compte tenu des conditions de voisinage avec d'autres matériels et de la température intérieure, en fonctionnement, de l'ensemble.
Une coordination doit également être assurée entre les courants maximaux admissibles de certains appareils et les caractéristiques des dispositifs de protection placés en amont.
Lorsque les indices de protection IP ont été spécifiés pour l'enveloppe, les matériels encastrés doivent avoir une tenue correspondante, à moins de recevoir une protection complémentaire ; il en est de même des dispositifs de commande...

L'appareillage électrique est classé en plusieurs catégories selon :

a. sa fonction ;

Pour adapter la source d'énergie au comportement du récepteur, il est défini cinq grandes fonctions à remplir par l'appareillage électrique :
• le sectionnement : il est nécessaire d'isoler, en tout ou partie, les circuits, les récepteurs de leur source d'énergie afin de pouvoir intervenir sur les installations en garantissant la sécurité des intervenants (électriciens habilités).
• l'interruption : alors que l'installation est en service, le récepteur remplissant sa fonction, il est parfois nécessaire d'interrompre son alimentation en pleine charge, ceci pouvant faire office d'arrêt d'urgence.
• la protection contre les courts-circuits : les installations et les récepteurs peuvent être le siège d'incidents électriques ou mécaniques se traduisant par une élévation rapide et importante du courant absorbé. Un courant supérieur de 10 à 13 fois le courant nominal est un courant de défaut. Il est assimilé à un courant de court-circuit. Afin d'éviter la détérioration des installations et des appareillages, les perturbations sur le réseau d'alimentation et les risques d'accidents humains, il est indispensable de détecter ces courts-circuits et d'interrompre rapidement le circuit concerné.
• la protection contre les surcharges : les surcharges mécaniques et les défauts des réseaux d'alimentation sont les causes les plus fréquentes de la surcharge supportée par les récepteurs (moteurs). Ils provoquent une augmentation importante du courant absorbé, conduisant à un échauffement excessif du récepteur, ce qui réduit fortement sa durée de vie et peut aller jusqu'à sa destruction.
• la commutation : son rôle est d'établir et de couper le circuit d'alimentation du récepteur.

b. sa tension ;

On distingue les domaines de tension suivants:

- la basse tension BT qui concerne les tensions inférieures à 1 kV ;
- la moyenne tension MT (HTA) qui concerne les tensions entre 1 kV et 50 kV ;
- la haute tension HT (HTB) qui concerne les tensions supérieures à 50 kV.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

c. sa destination ;

L'appareillage électrique est destiné à fonctionner dans les réseaux ou installations principaux suivants:

- installations domestiques BT (< 1 kV)
- installations industrielles BT (< 1 kV)
- installations industrielles HT (3,6 à 24 kV)
- réseaux de distribution (< 52 kV) ;
- réseaux de répartition ou de transport (≥ 52 kV) ;

d. son installation ;

On peut distinguer :

- le matériel pour l'intérieur, qui est destiné à être installé uniquement à l'intérieur d'un bâtiment, à l'abri des intempéries et de la pollution, avec une température ambiante qui n'est pas inférieure à - 5 °C (éventuellement - 15 °C ou - 25 °C) ;
- le matériel pour l'extérieur, qui est prévu pour être installé à l'extérieur des bâtiments, et qui par suite doit être capable de fonctionner dans des conditions climatiques et atmosphériques contraignantes.

e. le type de matériel ;

Deux types sont distingués :

- le matériel ouvert, dont l'isolation externe est faite dans l'air;
- le matériel sous enveloppe métallique ou blindé, muni d'une enveloppe métallique, reliée à la terre, qui permet d'éviter tout contact accidentel avec les pièces sous tension.
-

f. la température de service ;

L'appareillage est prévu pour fonctionner avec les températures normales de service suivantes:

- la température maximale de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée pendant une période de 24 h, n'excède pas 35 °C ;
- la température minimale de l'air ambiant n'est pas inférieure à - 25 °C ou - 40 °C.

g. sa technique de coupure.

L'histoire de l'appareillage électrique est riche d'inventions diverses, de principes de coupure performants, de technologies très variées utilisant des milieux aussi différents pour l'isolement et la coupure que l'air à pression atmosphérique, l'huile, l'air comprimé, l'hexafluorure de soufre et le vide. Des points communs subsistent pendant toute son évolution :

- l'amorçage d'un arc entre deux contacts, comme principe de base pour la coupure d'un courant alternatif ;
- l'interruption du courant ;

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- la recherche permanente de la réduction des énergies de manœuvre, afin de réaliser des appareils plus fiables et plus économiques ;
- la réduction des surtensions, générées pendant leur fonctionnement, grâce à l'insertion de résistances de fermeture ou par la synchronisation des manœuvres par rapport à la tension.

Il est intéressant de noter que la technique de coupure par auto-soufflage, qui vient de s'imposer pour les disjoncteurs SF6 à haute tension, avait déjà été envisagée dès les années 1960. C'est grâce aux progrès importants réalisés dans le domaine de la modélisation d'arc et de la simulation des écoulements gazeux
que l'énergie d'arc a pu être domestiquée et utilisée efficacement pour définir des chambres de coupure à hautes performances.
Historiquement, on peut résumer les milieux suivants qui ont été choisis pour la coupure :

- air ;
- huile ;
- air comprimé ;
- SF_6;
- vide.

III. CONTACT ELECTRIQUE

1. Définition

Un contact électrique est un système permettant le passage d'un courant électrique à travers deux éléments de circuit mécaniquement dissociables. C'est un des éléments principaux des composants électromécaniques : contacteur, relais, interrupteur, disjoncteur. Il est aussi la clé de tous les systèmes de connectique.

2. Caractéristiques et catégories

Le contact électrique est caractérisé par sa résistance de contact, sa résistance à l'érosion, sa résistance à l'oxydation. Afin d'optimiser ses caractéristiques, les surfaces destinées à assurer la fonction de contact sont recouvertes par plaquage, ou comportent une partie massive ajoutée, d'un matériau particulier tel que l'Or, le platine (Palladium) et le Tungstène.
Le contact électrique a deux états par défaut:
NO : Normalement Ouvert (Open)
NF : Normalement Fermé (NC : Close)
Les contacts sont aussi divisés en 2 catégories :
Les contacts secs ou contacts hors tension,
Les contacts mouillés ; leurs définitions n'expriment pas un degré d'humidité mais l'origine du basculement d'état (relais à contact mouillé au mercure).
Les contacts contiennent des matériaux plus ou moins oxydables selon le choix de fabrication. La classe de protection des personnes choisie lors de la conception oblige à garantir le maintien de ce niveau de sécurité tout au long de la vie du contact. La conception et fabrication doivent donc être pensées pour éviter au maximum l'entretien préventif et

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

conserver les caractéristiques de basculement et de conductivité.
La technique la plus simple pour l'entretien hors tension des contacts électriques est le brossage des surfaces de contact grâce à une brosse métallique ou du papier abrasif jusqu'à disparition des oxydes.

IV. PHENOMENES LIES AU COURANT ET A LA TENSION ELECTRIQUES

L'installation électrique permet de fournir l'énergie électrique nécessaire au bon fonctionnement des récepteurs. Ceux-ci consomment une puissance électrique dont l'expression est fonction de l'intensité du courant qui traverse le récepteur et de la tension à ses bornes.
Ces deux grandeurs électriques ont une influence directe sur la conception des appareillages ;
• Le courant électrique va conditionner la notion de pouvoir de coupure et de fermeture. En effet, la problématique essentielle de l'appareillage électromécanique est la coupure de l'arc électrique qui se forme systématiquement à l'ouverture d'un circuit électrique.
• La tension d'alimentation va définir les distances d'isolement entre les bornes et les contacts.
Dans ce qui suit nous allons voir les phénomènes liés au courant et à la tension électriques

1. Les surintensités

Dans un circuit électrique, la surintensité est atteinte lorsque l'intensité du courant dépasse une limite jugée supérieure à la normale.
Les causes et les valeurs des surintensités sont multiples. On distingue habituellement dans les surintensités, les surcharges et les courts-circuits.

a. La surcharge

Le courant de surcharge est en général une faible surintensité se produisant dans un circuit électrique sain. L'exemple type en est le circuit alimentant des prises de courant sur lesquelles on a raccorder un trop grand nombre d'appareil.

Caractéristiques

Le terme "surcharge" est utilisé pour un courant excessif circulant dans un circuit en bon état électriquement. Les surcharges sont en général inférieures à 10 fois le courant nominal du circuit.
Les surcharges de courant ne sont pas beaucoup plus élevées que le courant maximum permanent d'une installation, mais si elles se maintiennent trop longtemps elles peuvent faire des dégâts. Les dégâts, plus particulièrement aux matières isolantes en contact avec les conducteurs de courant, sont la conséquence de l'effet thermique du courant. La durée de cet effet thermique est relativement longue (de quelques secondes à quelques heures), et la surcharge peut donc être caractérisée par la valeur efficace du courant. La protection contre une surcharge est réalisée par un dispositif de protection capable de diminuer la durée de la surcharge.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Causes habituelles des surcharges

Causes	Exemples
Manque de maintenance	Accumulation de poussières, salissures, particules étrangères
Vieillissement des équipements	Pièces usées, lubrification insuffisante
Problème thermique	Isolement dégradé, composants défaillants
Mauvaise utilisation	Capacité insuffisante, usage excessif
Qualité de l'énergie	Surtensions et sous tensions transitoires
Défauts de terre de faible amplitude	Particules métalliques, dégâts des eaux

b. Le court-circuit

Le courant de court-circuit est en général une forte intensité produite par un défaut de résistance négligeable entre des points présentant une différence de potentiel en service normal.

Caractéristiques

Le court circuit est souvent dû à une défaillance électrique importante comme la rupture d'un isolant, la chute d'un objet métallique sur des barres ou la défaillance d'un semi conducteur. Il en résulte un courant de défaut dont la valeur efficace est très élevée (typiquement supérieure à 10 fois la valeur du courant nominal de l'installation).

L'effet thermique est tellement rapide que les dégâts dans l'installation se produisent en quelques millisecondes. Cet effet thermique extrêmement rapide ne peut pas être caractérisé par la valeur efficace du courant présumé de défaut comme c'est le cas dans les surcharges, car il dépend de la forme de l'onde de courant.

Dans ce cas la protection doit limiter l'énergie associée au défaut ; cette énergie est liée à la grandeur suivante I^2t. Cette grandeur est une mesure de l'énergie thermique fournie à chaque ohm du circuit par le courant de court circuit pendant le temps t.

Cependant la protection contre les court-circuits impose souvent une condition supplémentaire qui est la limitation de la valeur crête du courant autorisé dans l'installation. En effet les forces électromagnétiques sont proportionnelles au carré de la valeur instantanée du courant et peuvent produire des dégâts mécaniques aux équipements si les courants de court circuit ne sont pas « limités » très rapidement.

Les contacts de sectionneurs, contacteurs et même de disjoncteurs peuvent se souder si la valeur crête du courant passant dans le circuit de défaut n'est pas limitée à une valeur suffisamment basse.

Si la fusion de certains conducteurs et de certaines parties de composants se produit, un arc entre les particules fondues peut s'amorcer, déclencher des incendies et créer des situations dangereuses pour le personnel. Une installation électrique peut même être complètement détruite.

Les fusibles ultra-rapides pour la protection des semi conducteurs fournissent une excellente protection en cas de court circuit.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Causes habituelles des courts-circuits

Causes	Exemples
Elément étranger	*Boulons, tournevis autres objets conducteurs*
Défaillances de composants	*Claquage de semi conducteur*
Surtensions	*Foudre, commutations, interruptions*
Défauts de terre de grande amplitude	*Court–circuit à la terre*
Influences externes	*Inondations, incendies, vibrations*

2. Les surtensions

Ce sont des perturbations qui se superposent à la tension nominale d'un circuit. Elles peuvent apparaître :

- entre phases ou entre circuits différents, et sont dites de mode différentiel,
- entre les conducteurs actifs et la masse ou la terre.

Une surtension est une impulsion ou une onde de tension qui se superpose à la tension nominale du réseau (voir fig.1)

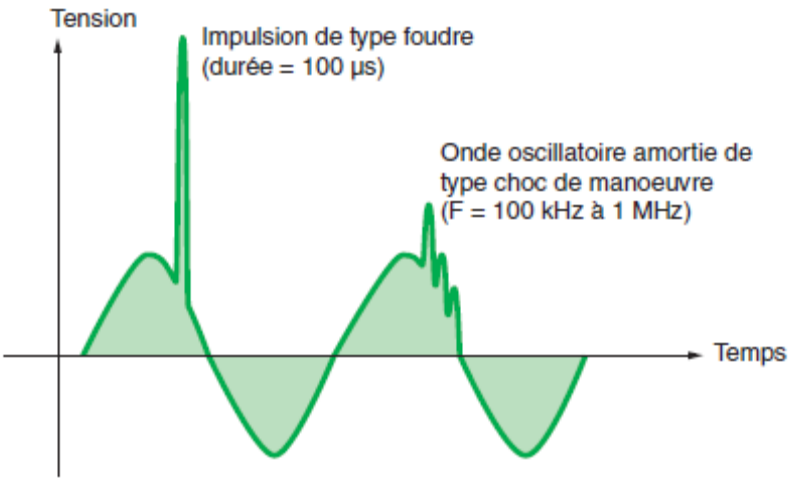


Fig.1 : Exemple de surtensions

Elle désigne le fait pour un élément particulier d'un dipôle électrique d'avoir à ses bornes une tension supérieure à celle aux bornes du dipôle complet. C'est le cas par exemple de la tension aux bornes d'un condensateur dans un dipôle RLC série en résonances.

D'autre part, un réseau électrique possède en générale une tension normale : on parle aussi de tension nominale. En basse tension, cette tension nominale peut être par exemple de 230V entre phase et neutre. En moyenne tension, celle-ci est normalisée à 20kV (entre phase) et 11.5kV (entre phase et terre). Le réseau peut se trouver accidentellement porté à une tension supérieure de sa tension nominale : on parle alors de surtension. Les surtensions sont une des causes possibles de défaillances d'équipements électriques ou électroniques, bien que ceux-ci soient de mieux en mieux protégés contre ce type d'incident.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Une surtension perturbe les équipements et produit un rayonnement électromagnétique. En plus, la durée de la surtension (T) cause un pic énergétique dans les circuits électriques qui est susceptible de détruire des équipements.
Elle est caractérisée (voir fig.2) par:

- le temps de montée tf (en µs),
- la pente S (en kV/µs).

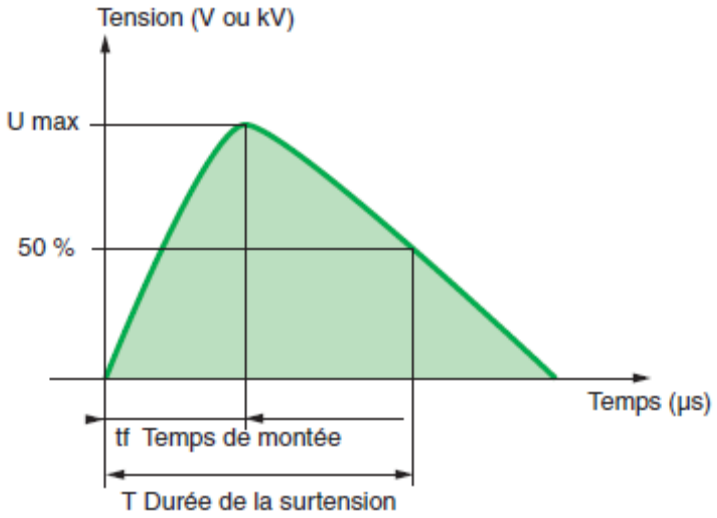


Fig.2 : Principales caractéristiques d'une surtension

2.1 Types de surtension dans les réseaux électriques

Quatre types de surtension peuvent perturber les installations électriques et les récepteurs :

a. Surtensions de manœuvre :

Surtensions à haute fréquence ou oscillatoire amortie causées par une modification du régime établi dans un réseau électrique (lors d'une manœuvre d'appareillage) elles sont d'une durée de quelques dizaines microsecondes à quelques millisecondes. La manœuvre d'un sectionneur dans un poste électrique à isolation gazeuse engendre en particulier des surtensions à fronts très raides.

b. Surtensions à fréquence industrielle :

Surtensions à la même fréquence que le réseau (50, 60 ou 400 Hz) causées par un changement d'état permanent du réseau (suite à un défaut : défaut d'isolement, rupture conducteur neutre,..). Parmi ces surtensions, on peut citer : surtension provoquée par un défaut d'isolement, surtension sur une longue ligne à vide (effet Ferranti), et surtension par ferrorésonance

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

c. Surtensions causées par des décharges électrostatiques.

Surtensions à très haute fréquence très courtes (quelques nanosecondes) causées par la décharge de charges électriques accumulées (Par exemple, une personne marchant sur une moquette avec des semelles isolantes se charge électriquement à une tension de plusieurs kilovolts).

d. Surtensions d'origine atmosphérique.

L'orage est un phénomène naturel connu de tous, spectaculaire et dangereux. Mille orages éclatent en moyenne chaque jour dans le monde. Les surtensions d'origine atmosphérique sont causées par le coup de foudre direct ou indirect sur les lignes électriques.

3. Les efforts électrodynamiques

Nous savons que la circulation de courants dans des conducteurs parallèles induit dans ces conducteurs des forces électromagnétiques proportionnelles au produit des courants circulant dans les deux conducteurs.

En cas de court-circuit dans une configuration de ligne ou de poste en conducteurs souples, on mesure alors des surtensions mécaniques (traction et flexion) appelées efforts électrodynamiques au niveau des supports et des isolateurs d'ancrage. On observe également des mouvements de conducteurs très importants. Ces efforts pouvant être considérables, il est indispensable de les prendre en compte dès la conception d'un nouvel ouvrage.

4. Rigidité diélectrique

La rigidité diélectrique d'un milieu isolant représente la valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter avant le déclenchement d'un arc électrique (donc d'un court-circuit). On utilise aussi l'expression champ disruptif qui est synonyme mais plus fréquemment utilisée pour qualifier la tenue d'une installation, alors que le terme rigidité diélectrique est plus utilisé pour qualifier un matériau. Pour un condensateur quand cette valeur est dépassée, l'élément est détruit. La valeur maximale de la tension électrique appliquée aux bornes, est appelée tension de claquage du condensateur.

Dans le cas d'un disjoncteur à haute tension, c'est la valeur maximum du champ qui peut être supportée après l'extinction de l'arc (l'interruption du courant). Si la rigidité diélectrique est inférieure au champ imposé par le rétablissement de la tension, un réamorçage de l'arc se produit d'où l'échec de la tentative d'interruption du courant.

5. Isolant électrique

En électricité comme en électronique, un isolant, ou isolant électrique aussi appelé matériau diélectrique, est une partie d'un composant ou un organe ayant pour fonction d'interdire le passage de tout courant électrique entre deux parties conductrices. Un isolant possède peu de charges libres, elles y sont piégées, contrairement à un matériau conducteur où les charges sont nombreuses et libres de se déplacer sous l'action d'un champ électromagnétique.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

La faculté d'un matériau à être isolant peut aussi être expliquée par la notion de bandes d'énergie. L'isolation électrique est rattachée à une grandeur physique mesurable, la résistance, qui s'exprime en ohms (symbole : Ω).

6. Claquage électrique

Le claquage est un phénomène qui se produit dans un isolant quand le champ électrique est plus important que ce que peut supporter cet isolant. Il se forme alors un arc électrique.
Dans un condensateur, lorsque la tension atteint une valeur suffisante pour qu'un courant s'établisse au travers de l'isolant (ou diélectrique), cette tension critique est appelée tension de claquage. Elle est liée à la géométrie de la pièce et à une propriété des matériaux appelée rigidité diélectrique qui est généralement exprimée en (kV/mm). La décharge électrique à travers l'isolant est en général destructrice. Cette destruction peut-être irrémédiable, mais ceci dépend de la nature et de l'épaisseur de l'isolant entrant dans la constitution du composant : certains isolants sont ainsi dits auto-régénérateurs, comme l'air ou l'hexafluorure de soufre.

7. Ionisation des gaz

L'ionisation est l'action qui consiste à enlever ou ajouter des charges à un atome ou une molécule. L'atome - ou la molécule - perdant ou gagnant des charges n'est plus neutre électriquement. Il est alors appelé ion.
Un plasma est une phase de la matière constituée de particules chargées, d'ions et d'électrons.
La transformation d'un gaz en plasma (gaz ionisé) ne s'effectue pas à température constante pour une pression donnée, avec une chaleur latente de changement d'état, comme pour les autres états, mais il s'agit d'une transformation progressive. Lorsqu'un gaz est suffisamment chauffé, les électrons des couches extérieures peuvent être arrachés lors des collisions entre particules, ce qui forme le plasma. Globalement neutre, la présence de particules chargées donne naissance à des comportements inexistants dans les fluides, en présence d'un champ électromagnétique par exemple.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

V. PHENOMENES D'INTERRUPTION DU COURANT ELECTRIQUE

a. Définition de l'arc électrique

L'arc électrique correspond à une décharge lumineuse qui accompagne le passage de l'électricité entre deux conducteurs présentant une différence de potentiel convenable. Ce phénomène fut découvert en 1813 par le physicien et chimiste anglais Davy qui en étudia les effets à travers différents gaz.

b. Naissance d'un arc électrique à la coupure d'un circuit

A la coupure d'un circuit d'impédance Zc, naît généralement un arc électrique entre les contacts de l'organe de manœuvre (interrupteur, disjoncteur). Ce fait marquant, qui intervient principalement sur forte surcharge (ou court-circuit) lorsque la séparation des pôles est dépendante des éléments de contrôle de la surintensité, se produit également sur ouverture non spontanée et -à un degré moindre- sur fermeture.

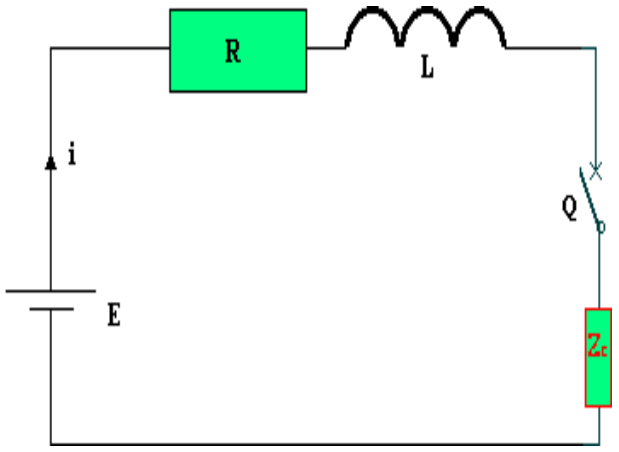
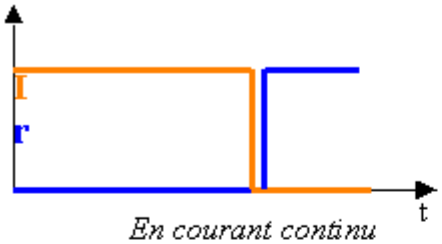


Schéma.1 : Explication simplifiée relative à un fonctionnement sur court-circuit (Zc=0)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

L'interrupteur « idéal » devrait assurer une coupure quasi instantanée (t=0) avec une énergie dissipée entre ses pôles $r.i^2.t = 0$.

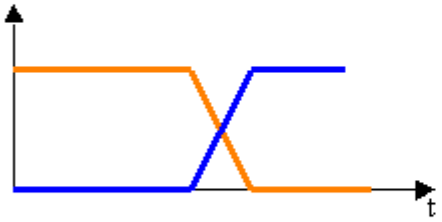


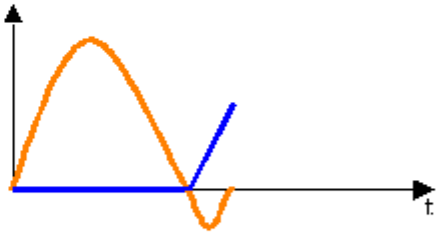
En courant continu



En courant alternatif –avec une coupure au passage à O-

En réalité, au moment de la coupure, la résistance r des pôles du disjoncteur Q ci-dessus va passer d'une valeur presque nulle à une valeur très élevée, ce qui conduit aux graphes suivants :





L'énergie de coupure prend la forme :

$$\int r.i^2.dt = \int (E - R.i).i.dt + \int L.i.di$$

Cette relation montre que même avec une coupure infiniment rapide, l'énergie électromagnétique $1/2\ Li^2$ initialement contenue dans le circuit va devoir cependant être dépensée entre les contacts.
D'autre part, dès les premiers instants de l'écartement des pôles, la densité de courant $J = i/S$ va considérablement augmenter du fait de la diminution de la surface de contacts. Ceci entraîne un échauffement très localisé qui a pour effet d'ioniser le fluide isolant en abaissant sa rigidité diélectrique : un arc apparaît avec ses effets négatifs.

c. Etude temporelle de la tension d'arc en courant alternatif :

A l'ouverture du disjoncteur sur court-circuit, la loi qui régit l'évolution du courant icc est :

$$e - Ua = R.icc + L.\frac{dicc}{dt}$$

Ua est la tension d'arc entre pôles du disjoncteur.

On peut négliger R, ce qui conduit à :

$$e - Ua = L.\frac{dicc}{dt}$$

Le dispositif de protection insère ainsi très rapidement une chute de tension Ua qui joue le rôle de fcem s'opposant à la croissance du courant de court-circuit présumé icc.
On obtient en conséquence un « effet limiteur » du courant de court-circuit, effet d'autant plus efficace que Ua est élevée.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

d. Coupure avec l'arc électrique

La technique de coupure au passage à zéro du courant s'accompagne de surtensions au moment de l'interruption qui surviennent à cause de l'effet capacitif des circuits électriques. La coupure du courant au passage par zéro est pratiquement irréalisable à cause des temps de réponse des systèmes de mesure et de commande, sachant qu'au moment du défaut le courant évolue très rapidement et la réaction au moment du passage à zéro est une opération très délicate. C'est ce qui explique l'existence de l'arc électrique.

e. Inconvénients, dangers de l'arc électrique

- pas de rupture instantanée du circuit
- dégradation des contacts par micro-fusion (matière "arrachée») et risques de soudure
- contraintes thermiques élevées (température d'arc de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers de degrés) avec risques de brûlure, d'incendie pour le matériel
- onde parasite, rayonnement U-V

f. Processus de coupure avec l'arc électrique

La coupure par l'arc électrique se fait en trois phases:

a. La période d'attente :

C'est la période entre l'ouverture des contacts et le zéro du courant où l'arc électrique est constitué d'une colonne de plasma composée d'ions et d'électrons. Cette colonne est conductrice sous l'effet d'une température élevée due à l'énergie dissipée par l'arc. La tension entre les deux contacts s'appelle la tension d'arc et c'est une composante très importante dans le choix du milieu de coupure, car elle définit la valeur de l'énergie dissipée.

b. La période d'extinction :

Au moment de passage par zéro du courant, l'arc est éteint, le canal des molécules ionisées est cassé, le milieu redevient isolant et le courant est interrompu.

La résistance de l'arc do it augmenter au voisinage du zéro du courant, et dépend de la constante d'ionisation du milieu. Aussi, la puissance de refroidissement de l'appareil doit être supérieure à l'énergie de l'arc dissipée par effet joule.

c. La période Post-Arc :

Pour que la coupure soit réussie, il faut que la vitesse de régénération diélectrique soit plus rapide que l'évolution de la tension transitoire de rétablissement TTR, sinon on assiste à un phénomène de ré-allumage ou réamorçage de l'arc.

La vitesse de croissance de la TTR a un rôle fondamental sur la capacité de coupure de appareils. La norme impose pour chaque tension nominale, une valeur enveloppe qui correspond aux besoins normalement rencontrés.

Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur correspond à la valeur la plus élevée du courant qu'il peut couper à sa tension assignée et à sa TTR assignée. Un disjoncteur devrait être capable de couper tout courant inférieur à son PDC pour toute TTR dont la valeur est inférieure à la TTR assignée. Pour une tension assignée de *24 kV*, la valeur maximale de TTR est de l'ordre de *41*

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

kV et peut accroître avec une vitesse de *0.5 kV/ms*.

g. Les milieux de coupure

Depuis des années, les constructeurs ont cherché, développé, expérimenté et mis en oeuvre des appareils de coupure à base de milieux aussi variés que : l'air, l'huile, le SF_6 et enfin le vide. Pour une coupure réussie, le milieu doit avoir les caractéristiques suivantes :

Avoir une conductivité thermique importante pour pouvoir évacuer l'énergie thermique engendrée par l'arc électrique ;

Avoir une vitesse de désionisation importante pour éviter des réamorçages du milieu ;

Avoir une résistivité électrique faible lorsque la température est élevée pour minimiser l'énergie dissipée pour l'arc ;

Avoir une résistivité électrique grande lorsque la température est faible pour minimiser le délai de rétablissement de la tension ;

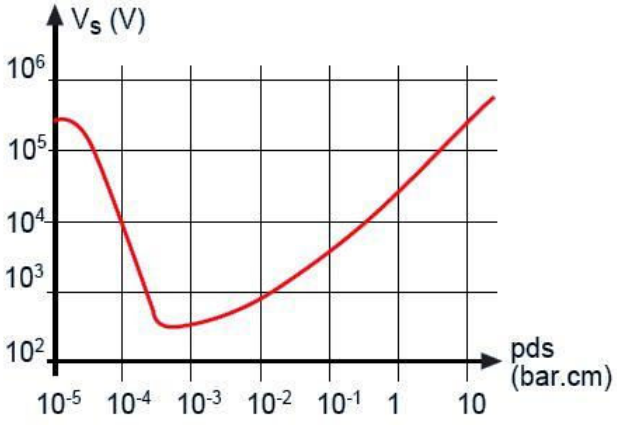


Fig.3 : La courbe de Paschen

L'espace intercontacts doit offrir une tenue diélectique suffisante.

La tenue diélectrique du milieu dépend de la distance entre les électrodes et de la pression du milieu. Pour l'air, la courbe de *Paschen* donne l'évolution de la rigidité diélectrique en fonction de la pression du milieu.

Les courbes suivantes donnent l'évolution de la rigidité diélectrique en fonction de la distance inter contacts.

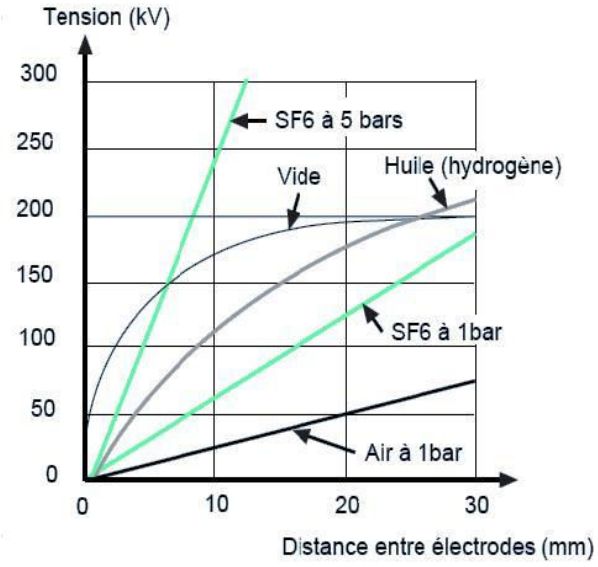


Fig.4 : Rigidité diélectrique en fonction de la distance entre les électrodes

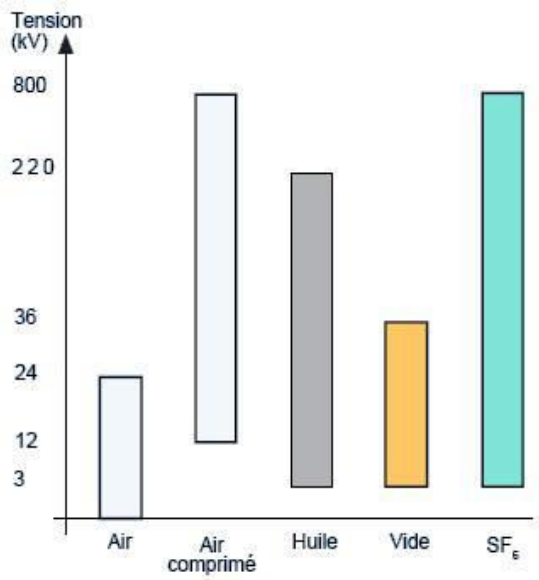


Fig.5 : Domaine d'utilisation des différents milieux de coupure

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Plusieurs milieux de coupure ont été développés à ce jour :

- La coupure dans l'air (jusqu'à 24 kV), mais aujourd'hui limitée à des utilisations en basse tension;
- La coupure dans l'huile (jusqu'à 200 kV) ;
- La coupure dans le SF6 (jusqu'à quelques centaines de kV) ;
- La coupure dans le vide (jusqu'à 36 kV)

h. Différentes techniques de coupure de l'arc

a. La coupure dans l'air

Pour des tensions supérieures à *24 kV*, l'air comprimé est utilisé pour améliorer la tenue diélectrique, la vitesse de refroidissement et la constante de temps de désionisation. L'arc est refroidi par des systèmes de soufflage à haute pression.

La coupure n'est pas très utilisée en moyenne tension pour des raisons d'encombrement et de coût. Toutefois la coupure dans l'air reste la solution la plus utilisée en basse tension grâce à sa simplicité et son endurance.

L'air à pression atmosphérique présente une rigidité diélectrique faible et une constante de désionisation élevée (10ms).

La technique utilisée consiste à garder l'arc électrique court pour limiter l'énergie thermique dissipée, et l'allonger par le biais de plaque une fois le courant passe par zéro.

b. La coupure dans l'huile

Cette technique de coupure consiste à immerger les contacts dans l'huile. Au moment de la coupure, l'huile se décompose et dégage de l'hydrogène et du méthane principalement. Ces gaz forment une bulle qui est soumise à une grande pression pendant la coupure. Au passage du courant par zéro, l'arc s'éteint du fait de la présence de l'hydrogène.

Les disjoncteurs à coupure dans l'huile ont cédé la place à d'autres types de technologie tels que le SF6 et le vide pour les inconvénients suivants :

- Niveau de sécurité et de maintenance élevé pour contrôler la dégradation des propriétés diélectriques de l'huile et l'usure des contacts ;
- La décomposition de l'huile à chaque coupure est un phénomène irréversible ;
- Risque d'explosion et d'inflammation.

c. La coupure dans le SF6

Depuis plusieurs années, les constructeurs de disjoncteurs se sont orientés vers le SF6 (hexafluorure de soufre) comme milieu de coupure, vu ses qualités chimiques et diélectriques.

Sous l'effet de la température, la molécule SF6 se décompose, mais dès que le courant retrouve des valeurs faibles, la molécule se compose à nouveau.

Le SF6 présente une conductivité thermique équivalente à celle de l'air, une rigidité diélectrique élevée, et une constante de désionisation faible.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

L'arc électrique est composé d'un plasma de SF6 dissocié, de forme cylindrique. Ce plasma comporte un noyau à température très élevée, entouré d'une gaine de gaz plus froid. La totalité du courant est transportée par le noyau. La gaine extérieure reste isolante.

d. La coupure dans le vide

D'après la courbe de *Paschen* (*Fig.3*), le vide présente des performances très intéressantes: à partir d'une pression de 10-5 bars, la rigidité diélectrique est de *200 kV* pour une distance entre électrodes de seulement *12 mm*.

En l'absence de milieu de coupure, l'arc électrique, dans la coupure sous vide, est composé de vapeurs métalliques et d'électrons provenant des matériaux composant les contacts. Cet arc peut être diffus ou concentré.

Les constructeurs de disjoncteurs avec ampoule sous vide ont porté leur recherche au niveau des matériaux des contacts, leur forme et les mécanismes de coupure. La coupure dans le vide est très employée aujourd'hui en moyenne tension, très peu utilisée en basse tension pour des raisons de coût, et reste dans le domaine prospectif pour la haute tension *(> 50 kV)*.

Grâce à sa grande endurance électrique avec des TTR à front de montée très raides, la coupure sous vide est aujourd'hui largement utilisée en MT pour l'alimentation des moteurs, câble, lignes aériennes, transformateurs, condensateurs, fours à arc...

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

VI. FONCTIONS DE L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE

Sous la dénomination appareillage, nous rangeons l'ensemble des matériels permettant d'établir ou d'interrompre et de distribuer l'énergie électrique, et d'assurer les fonctions de connexion, de commande et de protection.

A. APPAREILLAGES DE CONNEXION ET DE SEPARATION

Les appareillages de connexion sont conçus pour exécuter la fonction de séparation qui correspond à la mise hors tension de tout ou une partie d'une installation et garantir sa séparation de toute source d'énergie électrique.

En basse tension, ils sont des dispositifs établis généralement une fois pour toutes et ne pouvant être modifiés sans intervention sur leurs éléments, le plus souvent à l'aide d'outils.

Il s'agit de :

- jeux de barres béto-barres et dérivations (soudés, boulonnés, assurés par serre-barres) ;
- bornes de différents modèles (bornes à vis, sans vis, à cages, à plage, à tige, à étrier, à plots, en barrettes…) ;
- cosses et raccords (soudés, sertis, à griffes, à brides…) ;
- cosses, clips et languettes, pour connexions rapides… ;
- raccords et connexions à *percement d'isolant*, utilisés dans des applications particulières (téléphonie, lignes aériennes et conducteurs isolés en faisceaux…) ;
- boîtes en plastique ou en fonte remplies de paraffine pour les connexions immergées.

Ces connexions sont effectuées soit sur les bornes des appareillages, soit sur des bornes placées dans les enveloppes des appareillages (coffrets, tableaux…), soit encore dans des boîtes affectées à ce seul usage (boîtes de connexion), de façon à rester accessibles pour vérifications ou interventions.

1. Contacts permanents

Les contacts permanents sont destinés à relier électriquement de façon permanente de parties d'un circuit électrique. On peut les classer en deux grandes catégories :

La première est celle des contacts ***non démontables*** (embrochés, soudé…etc.)

La seconde est celle des contacts ***démontables*** (boulonnés ou par coincement…etc.).

2. Bornes de connexion

Sont des dispositifs exécutés aux niveaux des appareils électriques (machines électriques, transformateurs, appareils de mesure…) pour réaliser des contacts permanents simples et démontables.

3. Prises de courant (basse tension)

Organes de connexion dans lesquelles les appareils électriques sont reliés aux sources d'énergie d'une façon simple.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4. Les sectionneurs

a. *Rôle*

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul, afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.



Fig.6 : Sectionneur

b. *Principe de fonctionnement*

Mettre hors tension une installation électrique ou une partie de cette installation en toute sécurité électrique. (Pas de pouvoir de coupure, quand le sectionneur est manœuvré, le courant doit être nul. Cela permet, par exemple, de condamner un circuit électrique (avec cadenas le cas échéant) afin de travailler en toute sécurité.

c. *Caractéristiques principales :*

- Intensité maximum supportée par les pôles de puissance
- Tension maximum d'isolement entre les pôles de puissance
- nombre de pôles de puissance (tripolaire ou tétra-polaire)
- nombre de contact de pré-coupure
- Peut être avec ou sans manette
- Peut être avec ou sans système de détection de fusion de fusible
- S'installe majoritairement en tête d'une installation électrique ;
- Permet d'isoler un circuit électrique du réseau d'alimentation;
- Est un organe de sécurité lors d'une intervention de maintenance: cadenassé en position ouverte par un agent de maintenance, il interdit la remise en route du système
- Peut être manipulé depuis l'extérieur de l'armoire électrique grâce à une poignée.

Contrairement à l'interrupteur sectionneur, le sectionneur porte fusible n'a pas de pouvoir de coupure : il ne permet pas de couper un circuit électrique en charge (moteur électrique en rotation, résistances de chauffage alimentées,…) ;

A la différence du sectionneur porte-fusibles, l'interrupteur sectionneur n'a pas de fusible associé, il faudra donc rajouter dans le circuit un système de protection contre les courts-circuits.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

d. Différentes organes

1. Les contacts principaux (1-2), (3-4) et (5-6) :

Permettent d'assurer le sectionnement de l'installation.

2. Les contacts auxiliaires (13-14), (23-24) :

Permettent de couper le circuit de commande des contacteurs avant l'ouverture des contacts principaux. L'ouverture du circuit de commande de l'équipement entraînant l'ouverture de son circuit de puissance, celui-ci n'est donc jamais ouvert en charge.
Inversement, à la mise sous tension, le contact auxiliaire est fermé après la fermeture des contacts principaux.

3. La poignée de commande :

Elle peut être verrouillée en position ouverte par un cadenas (sécurité).

4. Les fusibles :

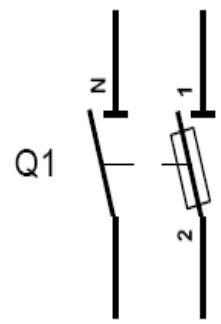
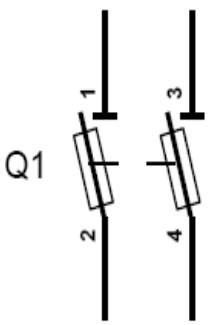
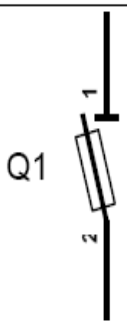
Assurant la protection contre les surcharges et les courts-circuits dans l'installation ou l'équipement électrique.

e. Choix de composant :

Le choix d'un sectionneur porte-fusibles dépend de la taille des fusibles qui lui sont associés, donc par conséquent, de la puissance absorbée par la partie puissance du circuit.
Le choix de l'interrupteur sectionneur dépendra de la puissance absorbée par l'ensemble de l'installation.

f. Symbole : Q

Plusieurs types de configurations peuvent être utilisées en fonction du besoin du système. Voici quelques exemples :

Sectionneur porte-fusibles		
bipolaire (phase-neutre)	*bipolaire (phase-phase)*	*unipolaire (1 phase)*
		

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

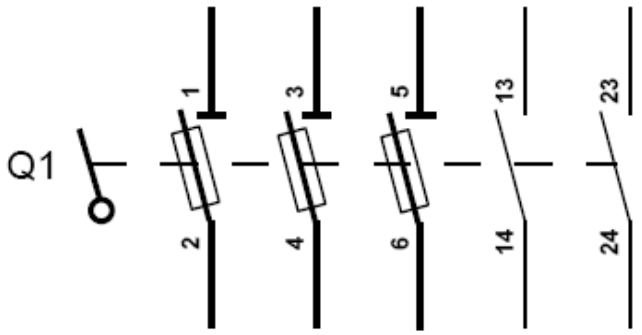
g. Différents types de sectionneurs

1. **Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contact(s) de pré-coupure avec poignée extérieure :**

A utiliser dans un circuit triphasé (sans neutre) ;
Les contacts de pré-coupure permettent d'isoler la partie commande du circuit.

2. **Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contact de neutre et de pré-coupure avec poigné extérieure :**

A utiliser dans un circuit triphasé avec neutre; le neutre du sectionneur ne doit pas contenir de fusible, mais une barrette de neutre prévue à cet effet.



Contacts de puissance — Contacts de pré-coupure

Le sectionneur ouvert, il n'y a plus de tension nulle part dans l'installation qui en dépend, sauf sur les bornes 1 , 3 , 5

3. **Sectionneurs BT domestique**

La fonction sectionneur est obligatoire au départ de chaque circuit est réalisée par des sectionneurs à fusibles incorporés.

4. **Sectionneurs BT industriels**

Ces appareils assurent la fonction de sectionnement au départ des équipements. En général des derniers comportent des fusibles et des contacts auxiliaires.

5. **Sectionneurs MT et HT**

Sont très employés dans les réseaux de moyenne et haute tension pour garantir l'isolement des lignes et des installations avec coupure visible.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

B. APPAREILLAGES D'INTERRUPTION

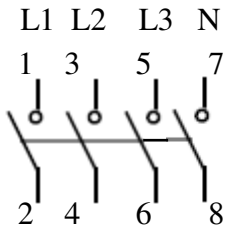
1. Les interrupteurs

a. Rôle

Appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du circuit.



b. Symbole



Interrupteur tétrapolaire

2. Les interrupteurs-sectionneurs

a. Rôle

Les interrupteurs-sectionneurs satisfont les applications d'interrupteurs par la fermeture et la coupure en charge de circuits résistifs ou mixtes, résistifs et inductifs, ceci pour des manœuvres fréquentes.



Fig.7 : Interrupteur

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

b. Caractéristiques principales

Uni/Bi/Tri/Tétrapolaire ;
Jusqu'à *1250A* sous *1000V* (en BT) ;
Coupure pleinement apparente ;

c. Exemples d'application

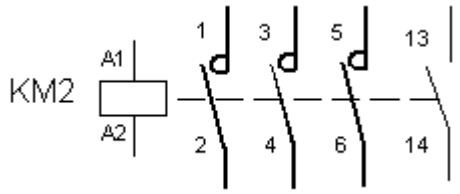
Manœuvres ;
Arrêt d'urgence.

3. Les contacteurs

a. Rôle

Appareil électromagnétique de connexion ayant une seule position de repos, commandé électriquement et capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du circuit. C'est essentiellement un appareil de commande et de contrôle capable d'effectuer un grand nombre de manœuvres sous des courants de charges normaux.

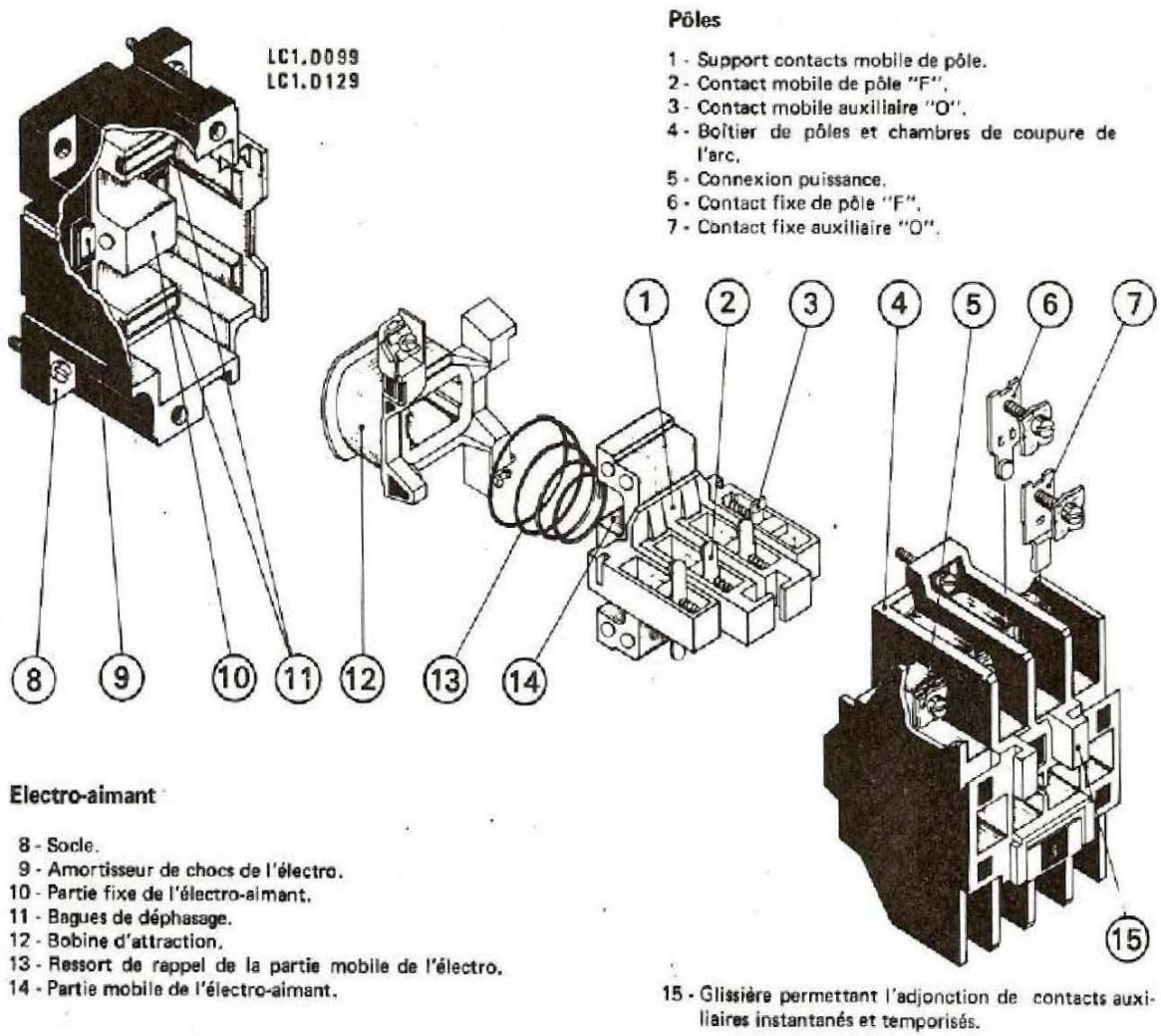
b. Symbole



c. Construction générale

Ils peuvent être unipolaires, bipolaires, tripolaires ou encore tétrapolaires, en d'autres termes ils possèdent un, deux, trois ou quatre contacts de puissance. Sur les contacteurs de puissance élevée les bobines sont souvent interchangeables, permettant de commander le contacteur avec différentes tensions (24V, 48V, 110V, 230V, 400V).
Les contacteurs tripolaires comportent la plupart du temps un contact auxiliaire, tandis que les contacteurs tétrapolaires n'en ont en général pas (la place du contact auxiliaire étant occupée par le quatrième contact de puissance 7-8 non représenté sur le schéma ci dessous).
La différence entre contact de puissance et contact auxiliaire réside dans le fait que le contact de puissance est prévu pour résister lors de l'apparition d'un arc électrique, lorsqu'il ouvre ou ferme le circuit; de ce fait, c'est ce contact qui possède un pouvoir de coupure. Le contact auxiliaire n'est doté que d'un très faible pouvoir de coupure; il est assimilé à la partie commande du circuit dont les courants restent faibles face à la partie puissance.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



c.1. Les contacts principaux

Sont les éléments de contacts qui permettent d'établir et d'interrompre le courant dans le circuit de puissance

c.2. Organe de manœuvre (électro-aimant)

Il est composé d'un bobinage en cuivre et d'un circuit magnétique feuilleté composé d'une partie fixe et d'une autre mobile.

Lorsque l'électro-aimant est alimenté, la bobine parcourue par le courant alternatif crée un champ magnétique canalisé par le circuit magnétique provoquant le rapprochement de la partie mobile et ainsi la fermeture des contacts.

Bagues de déphasage (spires de Frager) sont des éléments d'un circuit magnétique fonctionnant en alternatif. Le rôle de la spire conductrice (en court-circuit) en alliage cuivreux est de créer un flux magnétique secondaire à partir d'un flux principal créé par un bobinage inducteur parcouru par un courant alternatif sinusoïdal.

La spire embrasse un flux principal variant en permanence. Elle est le siège d'une force électromotrice induite (fem), donc une tension interne à la spire. La spire étant en court-

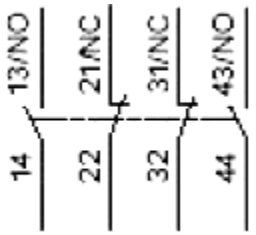
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

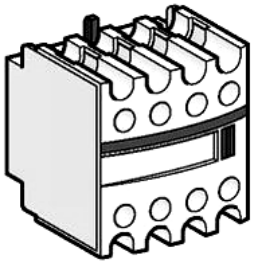
circuit, elle est parcourue par un courant induit. Ce courant induit créé alors lui-même un flux secondaire au niveau de la spire. De par les lois de l'électromagnétisme, ce flux secondaire est déphasé par rapport au flux principal, ce qui signifie que les deux flux alternatifs ne passent pas par zéro au même moment. Ainsi, dans le circuit magnétique les deux flux se composent en un flux résultant ayant d'autres propriétés que le flux principal (*évitent les vibrations dues à l'alimentation en courant alternatif de la bobine du contacteur*).

d. Accessoires

a. Contacts auxiliaires instantanés

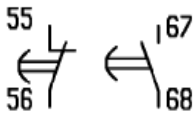
Les contacts auxiliaires sont destinés à assurer l'auto alimentation, les verrouillages des contacts…etc. Il existe deux types de contacts, les contacts à fermeture et les contacts à ouverture.

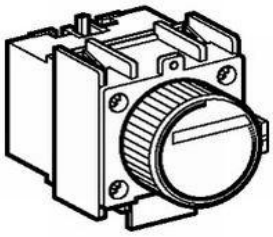




b. Contacts temporisés

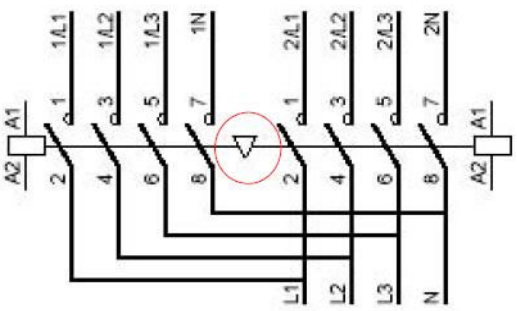
Le contact temporisé permet d'établir ou d'ouvrir un contact après certains temps préréglé de façon à permettre à notre équipement de fonctionner convenablement.

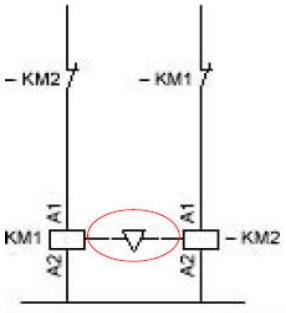


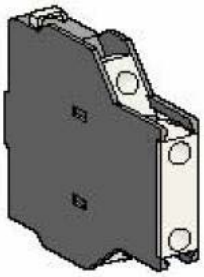


c. Dispositif de condamnation mécanique

Cet appareillage interdit l'enclenchement simultané de deux contacteurs juxtaposés.







WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

e. Critères et 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.

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 fermetures et ouvertures.

Courant d'emploi *Ie*

Il est défini suivant la tension assignée d'emploi, la fréquence et le service assignés, la catégorie d'emploi et la température de l'air au voisinage de l'appareil.

Tension d'emploi *Ue*

C'est la valeur de tension qui, combinée avec un courant assigné d'emploi, détermine l'emploi du contacteur. Pour les circuits triphasés, elle s'exprime par la tension entre phases.

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.

Endurance électrique (durée de vie)

C'est le nombre de manoeuvres maximal que peut effectuer le contacteur. Ce nombre dépend du service désiré.

Facteur de marche

C'est le rapport entre la durée de passage du courant et la durée d'un cycle de manoeuvre.

Puissance

C'est la puissance du moteur normalisé pour lequel le contacteur est prévu à la tension assignée d'emploi.

Tension de commande *Uc*

C'est la valeur assignée de la tension de commande sur laquelle sont basées les caractéristiques de fonctionnement de (*12V* à *400V*) alternatif ou continu.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

	Catégorie	Récepteur	Fonctionnement
~	**AC1**	Four à résistances	Charges non inductives ou peu inductives
	AC2	Moteur à bagues	Démarrage, inversion de marche
	AC3	Moteur à cage	Démarrage, coupure du moteur lancé
	AC4	Moteur à cage	Démarrage, inversion, marche par à-coups
=	**DC1**	Résistance	Charges non inductives
	DC2	Moteur Shunt	Démarrage, coupure du moteur lancé
	DC3		Démarrage, inversion, à-coups
	DC4	Moteur Série	Démarrage, coupure du moteur lancé
	DC5		Démarrage, inversion, à-coups

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3 ($\theta \leq 60$ °C)							courant assigné d'emploi en AC-3	contacts auxiliaires instantanés	référence de base à compléter par le repère de la tension (1) fixation (2)					
220 V 380 V					660V		440 V		vis	ressort	tensions usuelles			
230V	400 V	415 V	440 V	500 V	690 V	1000 V	jusqu'à				~		⎓	BC (3)
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	A							
2,2	4	4	4	5,5	5,5		9		LC1 D09•• (4)	LC1 D09•• (4)	B7	P7	BD	BL
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5		12		LC1 D12•• (4)	LC1 D123•• (4)	B7	P7	BD	BL
4	7,5	9	9	10	10		18		LC1 D18•• (4)	LC1 D183•• (4)	B7	P7	BD	BL
5,5	11	11	11	15	15		25		LC1 D25•• (4)	LC1 D253•• (4)	B7	P7	BD	BL
7,5	15	15	15	18,5	18,5		32		LC1 D32•• (4)	LC1 D323•• (4)	B7	P7	BD	BL
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5		38		LC1 D38•• (4)	LC1 D383•• (4)	B7	P7	BD	BL
11	18,5	22	22	22	30	22	40		LC1 D40•• (4)		B7	P7	BD	
15	22	25	30	30	33	30	50		LC1 D50•• (4)		B7	P7	BD	
18,5	30	37	37	37	37	37	65		LC1 D65••		B7	P7	BD	
22	37	45	45	55	45	45	80		LC1 D80••		B7	P7	BD	
25	45	45	45	55	45	45	95		LC1 D95••		B7	P7	BD	
30	55	59	59	75	80	75	115		LC1 D115••		B7	P7	BD	
40	75	80	80	90	100	90	150		LC1 D150••		B7	P7	BD	

(1)Tensions du circuit de commande préférentielles.
Courant alternatif

volts	24	48	115	230	400	440	500
LC1 D09...D150 (bobines D115 et D150 antiparasitées d'origine)							
50/60 Hz	B7	E7	FE7	P7	V7	R7	
LC1 D40...D115							
50 Hz	B5	E5	FE5	P5	V5	R5	S5
60 Hz	B6	E6				R6	

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3							courant d'emploi en AC-3 ($\theta \leq 60$ °C)	contacts auxiliaires instantanés par contacteur		contacteurs livrés avec bobines référence de base à compléter par le repère de la tension (1)					
220 V	380 V				660V					fixation (2)					
230V kW	400 V kW	415 V kW	440 V kW	500 V kW	690 V kW	1000 V kW	440 V jusqu'à A			vis étrier	ressort	tensions usuelles ~	⎓		BC (3)
2,2	4	4	4	5,5	5,5		9	1	1	LC2 D09•• (4)	LC2 D093•• (4)	B7	P7	BD	BL
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5		12	1	1	LC2 D12•• (4)	LC2 D123•• (4)	B7	P7	BD	BL
4	7,5	9	9	10	10		18	1	1	LC2 D18•• (4)	LC2 D183•• (4)	B7	P7	BD	BL
5,5	11	11	11	15	15		25	1	1	LC2 D25•• (4)	LC2 D253•• (4)	B7	P7	BD	BL
7,5	15	15	15	18,5	18,5		32	1	1	LC2 D32•• (4)	LC2 D323•• (4)	B7	P7	BD	BL
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5		38	1	1	LC2 D38•• (4)		B7	P7	BD	BL
11	18,5	22	22	22	30	22	40	1	1	LC2 D40•• (4)		B7	P7	BD	
15	22	25	30	30	33	30	50	1	1	LC2 D50•• (4)		B7	P7	BD	
18,5	30	37	37	37	37	37	65	1	1	LC2 D65••		B7	P7	BD	
22	37	45	45	55	45	45	80	1	1	LC2 D80••		B7	P7	BD	
25	45	45	45	55	45	45	95	1	1	LC2 D95••		B7	P7	BD	
30	55	59	59	75	80	75	115	1	1	LC2 D115••		B7	P7	BD	
40	75	80	80	90	100	90	150	1	1	LC2 D150••		B7	P7	BD	

Exemples :

- Choisissez le contacteur correspondant aux cahiers des charges suivants :

Moteur Asynchrone triphasé (coupure moteur lancé) de *15 kW* et de *cosφ = 0.8* sous *400V*, *50Hz*, tension de commande sous *24V 50Hz*.

- Choisissez le contacteur correspondant aux cahiers des charges suivants :

Moteur Asynchrone triphasé à cage de *37 kW* sous *230V*, *50Hz*, tension de commande *24V*, *50/60Hz*.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

C. APPAREILLAGES DE PROTECTION

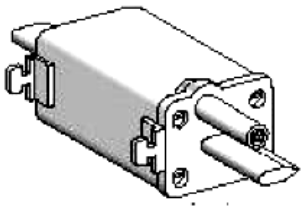
1. Fusible

Le fusible est un élément de faiblesse dans un circuit électrique. S'il y a surintensité c'est là que le circuit doit se couper. Actuellement les fusibles sont en cartouche.

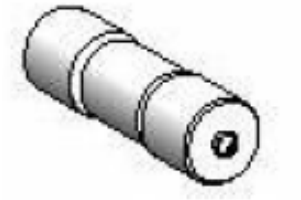
a. Rôle

La fonction du fusible est d'assurer la protection des circuits électriques contre les courts- circuits et les surcharges par la fusion d'un élément calibré lorsque le courant qui le traverse dépasse la valeur de son calibre. La fusion est crée par un point faible dans le circuit grâce à un conducteur dont la nature, la section et le point de fusion sont prédéterminés par le conducteur.

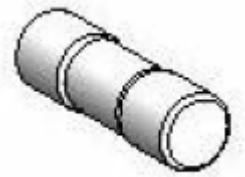
En général, le fusible est associé à un porte fusible permet d'avoir la fonction sectionneur.



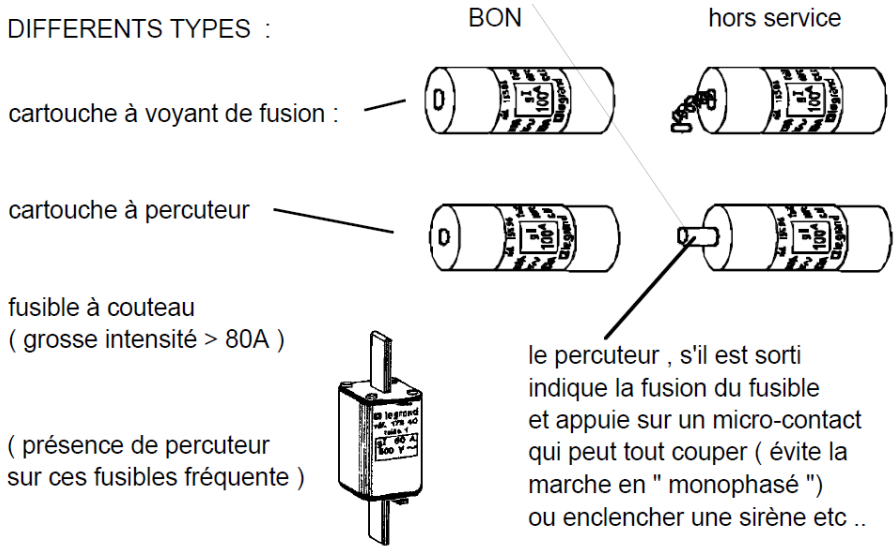
Fusible à couteau



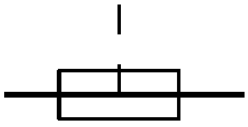
Fusible avec percuteur



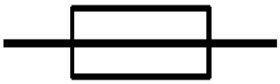
Fusible sans percuteur



b. Symbole

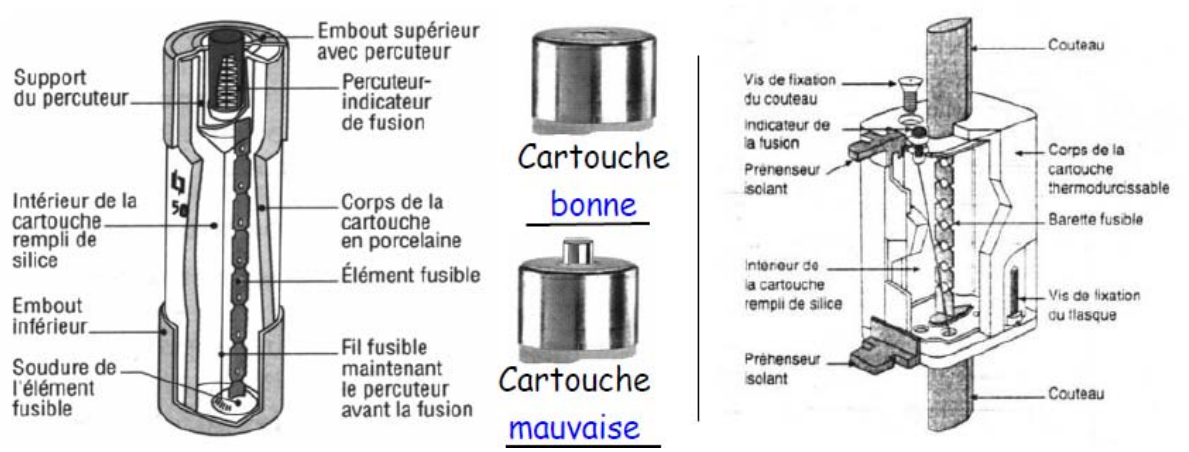


Fusible avec percuteur

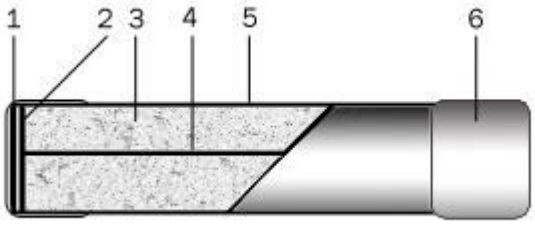


Fusible sans percuteur

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

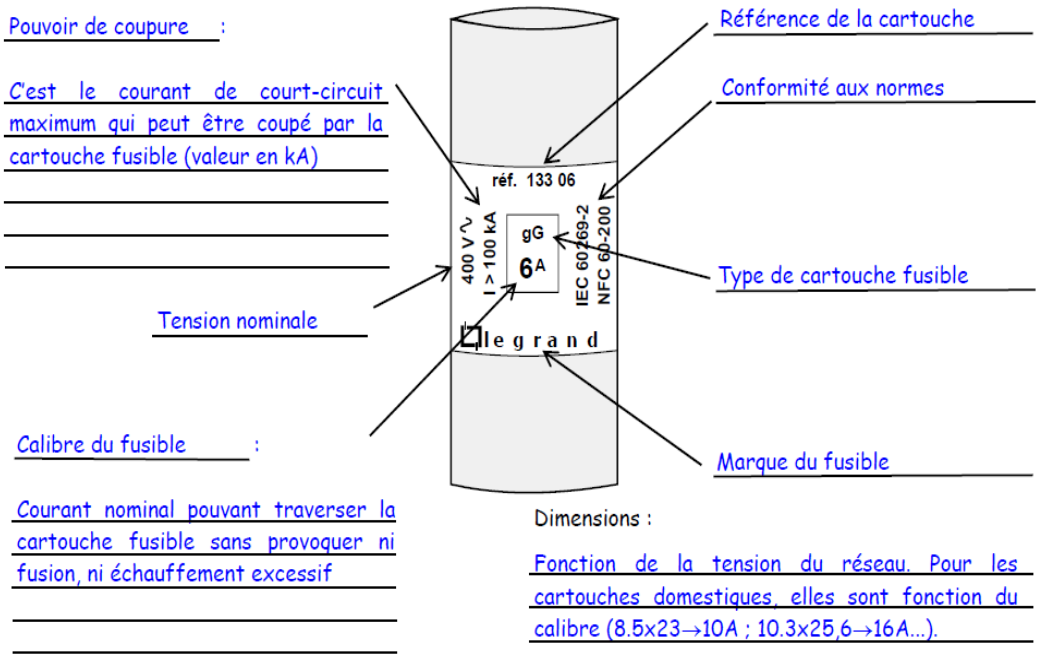


c. Constitution



1 : Plaque de soudure ; **2** : Disque de centrage de la lame fusible ; **3** : Silice (permet une coupure franche) ; **4** : Lame fusible ; **5** : Tube isolant ; **6** : Embout de contact.

d. Caractéristiques principales



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Courant nominal ou calibre d'une cartouche fusible *In*

C'est le calibre du fusible. Il peut donc traverser le fusible en permanence sans provoquer la fusion ni d'échauffement anormal.

Tension nominale d'une cartouche fusible *Un*

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

Courant de fusion *If*

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

Courant de non fusion *Inf*

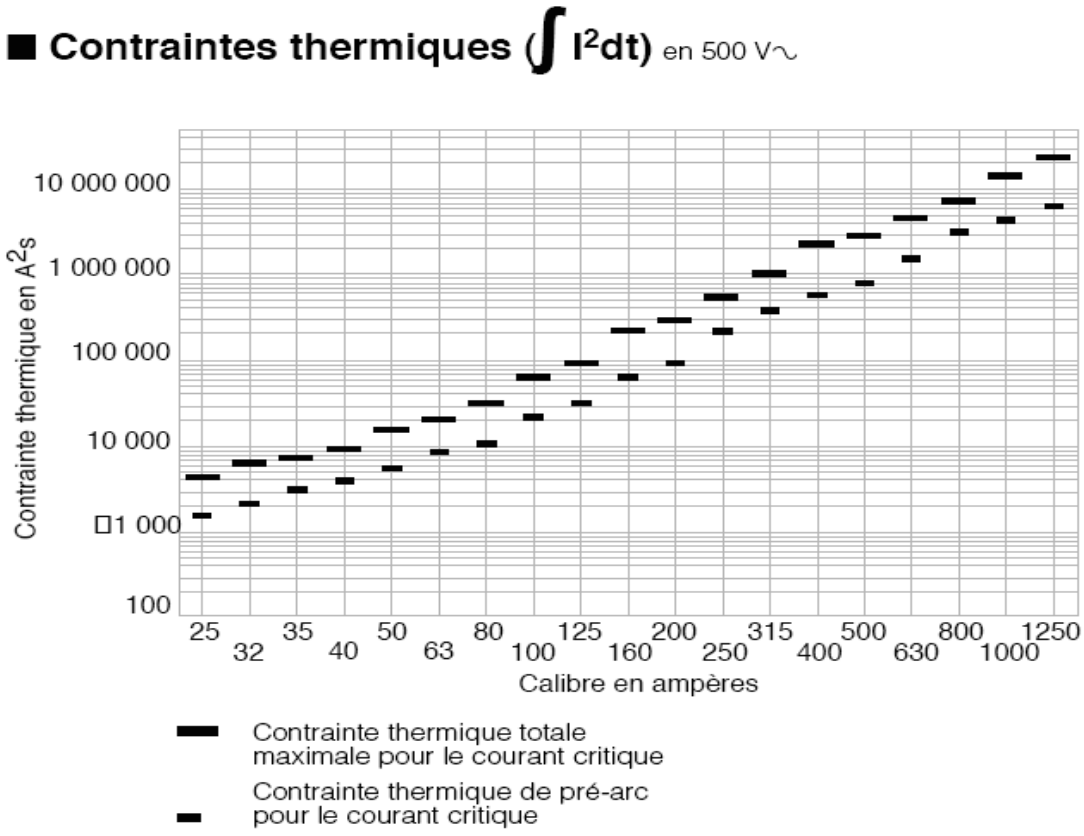
C'est la valeur du courant qui peut être supporté par le fusible pendant un temps conventionnel sans fondre.

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 (I2t)

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.



Contraintes thermiques de fusibles à couteaux de type gG

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

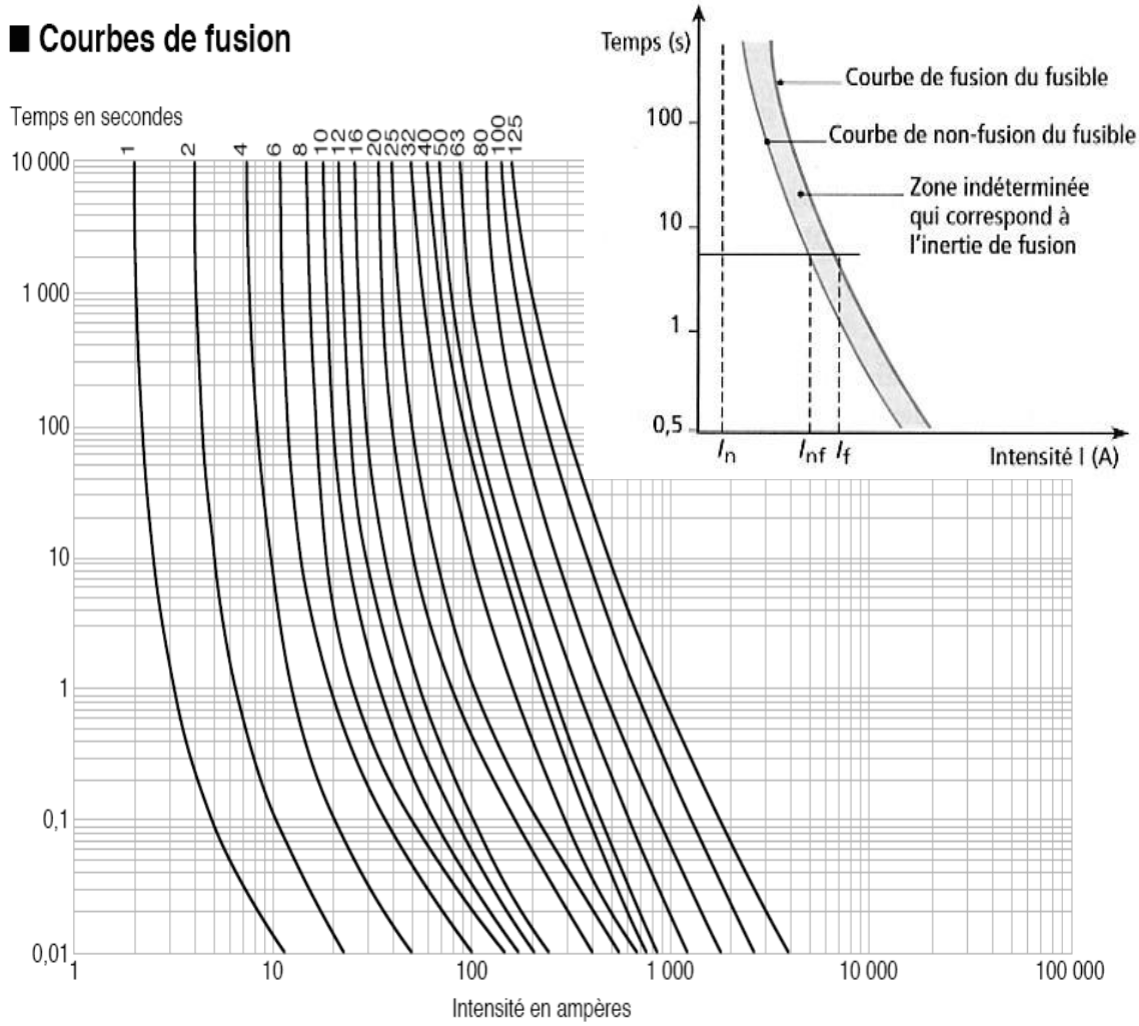
Temps de pré-arc, temps d'arc et temps de coupure

Le courant croît pendant un temps *T1*, c'est le temps de pré-arc, au bout duquel l'élément fusible entre en fusion. Dans ce cas, il se forme un arc à l'intérieur de la cartouche qui s'éteint au bout d'un temps *T2* appelé temps d'arc.

La durée de fonctionnement totale *T* est égale à la somme de la durée de pré-arc et de la durée d'arc soit le temps *T1+T2*. Si le courant de court-circuit est suffisamment important, la durée de fonctionnement peut être inférieure à une demie période, sinon elle dure plusieurs périodes.

Caractéristiques temps/courant d'une cartouche fusible

Les caractéristiques temps/courant expriment la durée réelle du pré-arc (en seconde) en fonction du courant efficace (en ampère) indiqué en multiple de l'intensité nominale.



Courbes de fusion des fusibles cylindriques de classe gG.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

e. Les différents types et formes de fusible

Il existe principalement quatre types de fusibles :

a. Les fusibles *gG*



Les fusibles ***gG*** sont des fusibles dit « protection générale », protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges ainsi que les courts-circuits.
Les inscriptions sont écrites en noir. L'image montre un fusible cylindrique.

b. Les fusibles aM



Les fusibles ***aM*** sont des fusibles dit « accompagnement moteur », protègent les circuitscontre les fortes surcharges ainsi que les couts-circuits.
Ils sont conçus pour résister à une surcharge de courte durée tel le démarrage d'un moteur. Ils seront associés à un système de protection thermique contre les faibles surcharges.
Les inscriptions sont écrites en vert. L'image montre un fusible à couteaux.

<u>Remarque</u> : Les fusibles **aM** n'étant pas prévus pour une protection contre les faibles surcharges, les courants conventionnels de fusion ou de non fusion ne sont pas fixés. Ils fonctionnent à partir de *4.In* environ.

c. Les fusibles AD



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 écrites en rouges.

d. Les fusibles UR



Les fusibles ultra-rapides (***UR***) assurent la protection des semi-conducteurs de puissance et des circuits sous tension continue.

Désignation :
diamètre (mm), longueur (mm), calibre (A)et type (g1 , gf ou Am)
Exemple : fusible 10.3 x 38 20 A Am

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

f. 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 *In*
- La tension d'emploi U (inférieure ou égale à nominale *Un*)
- Le pouvoir de coupure *Pdc*
- 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 : $\boldsymbol{I^2.t}$ **du fusible <** $\boldsymbol{I^2.t}$ **de la ligne**.

g. 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 (UR).

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.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2. Relais thermique

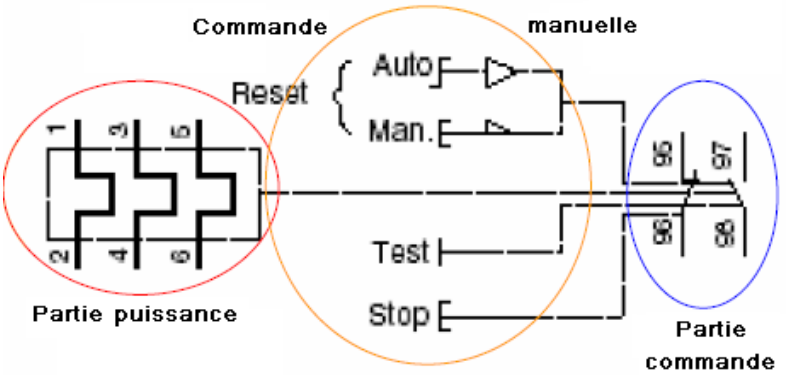
a. Rôle

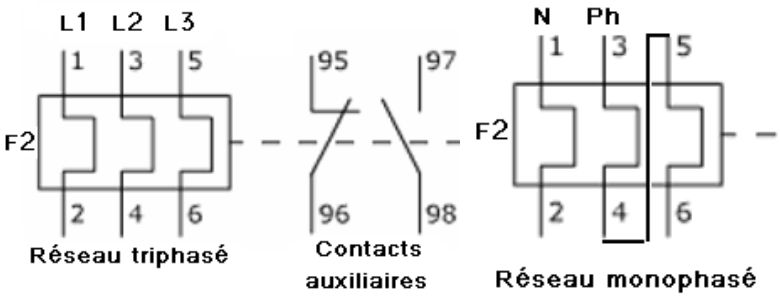


Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en *aval* contre les surcharges et les coupures de phase. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur.

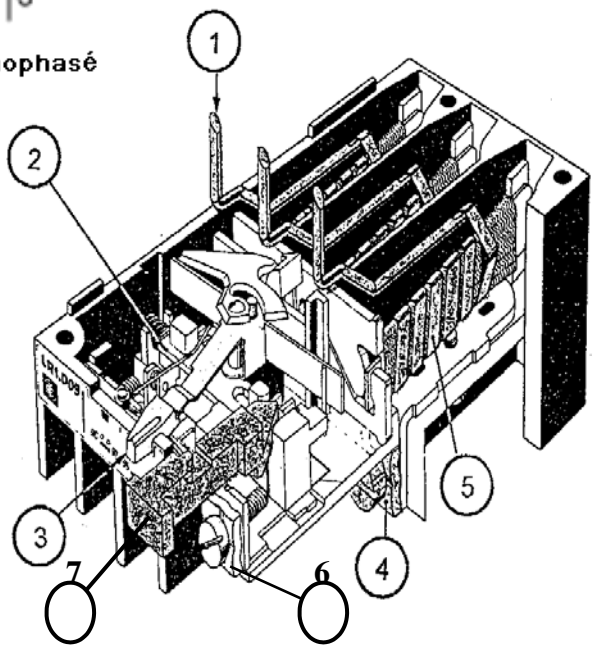
En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur qui coupe le courant dans le récepteur.

b. Symbole



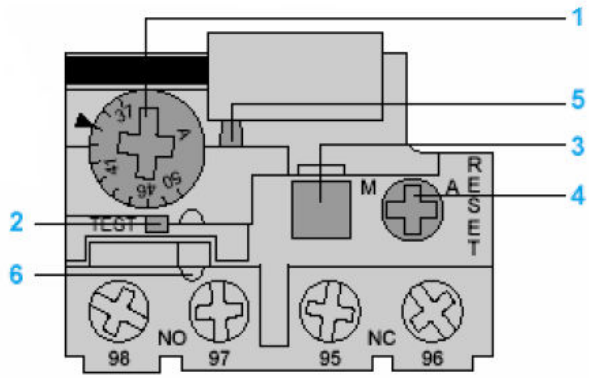


c. Constitution



1	Arrivé du courant
2	Système de déclenchement
3	Réglage du calibre de déclenchement
4	Départ courant
5	Elément bimétallique
6	Contact auxiliaire
7	Bouton de réarmement

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



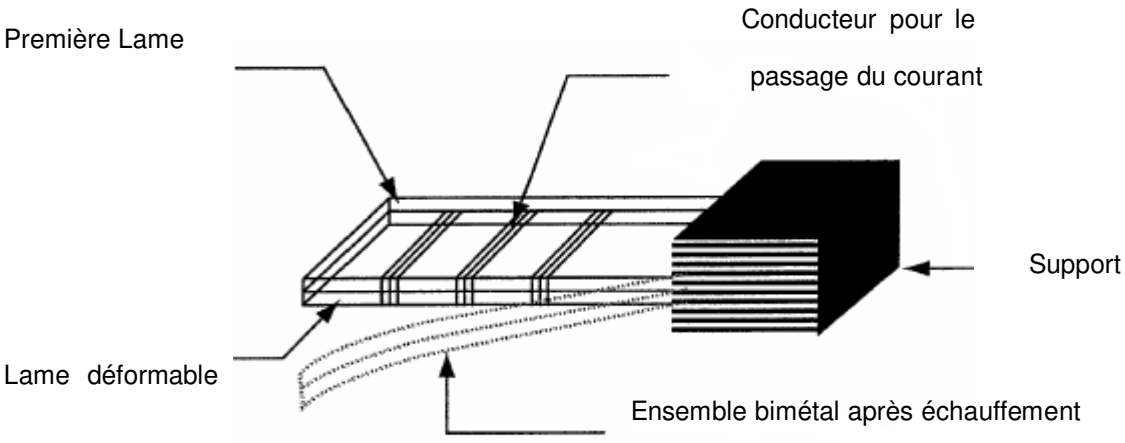
1	Bouton de réglage ***Ir***
2	Bouton Test : L'action sur le bouton Test permet: - le contrôle du câblage du circuit de commande - lasimulation du déclenchement du relais (action sur les 2 contacts "O" et "F").
3	Bouton Stop. Il agit sur le contact "O" et est sans effet sur le contact "F
4	Bouton de réarmement et sélecteur de choix entre réarmement manuel et auto.
5	Visualisation du déclenchement
6	Verrouillage par plombage du capot

d. Principe de fonctionnement

Le relais thermique utilise un bilame formé de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents. Le bilame s'incurve lorsque sa température augmente. Pour ce bilame, on utilise un alliage de Ferronickel et de l'Invar (un alliage de Fer (64 %) et de Nickel (36 %) avec un peu de Carbone et de Chrome).

Si le moteur est en surcharge, l'intensité I qui traverse le relais thermique augmente, ce qui a pour effet de déformer davantage les trois bilames.

Un système mécanique, lié aux bilames, assure l'ouverture du contact auxiliaire (NC 95-96).



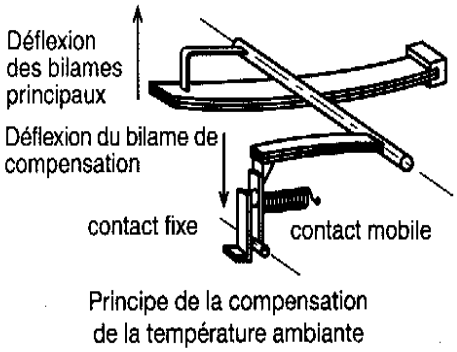
1. Principe du dispositif différentiel :

En cas de coupure de phase ou de déséquilibre sur les trois phases d'alimentation d'un moteur, le dispositif dit différentiel agit sur le système de déclenchement du relais thermique.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2. Principe de la compensation en température :

Afin d'éviter un déclenchement intempestif dû aux variations de la température ambiante, un bilame de compensation est monté sur le système principal du déclenchement. Ce bilame de compensation se déforme dans le sens opposé à celui des bilames principaux.

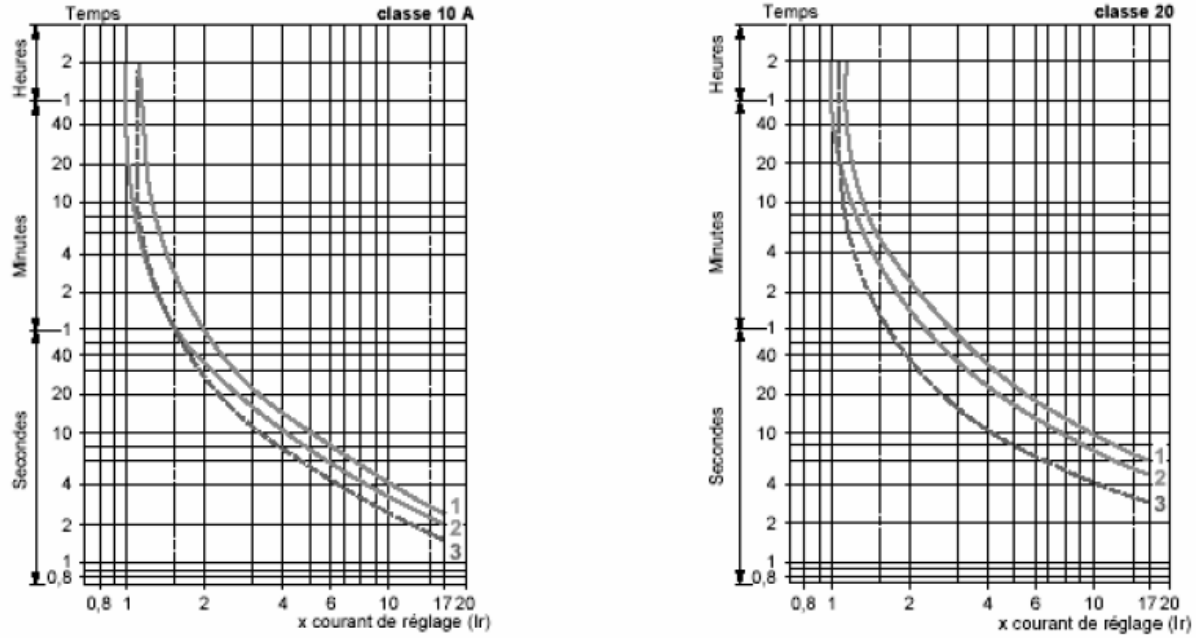


Principe de la compensation de la température ambiante

e. Courbe de déclenchement

C'est la courbe qui représente le temps de déclenchement du relais thermique en fonction des multiples de l'intensité de réglage.

Temps de fonctionnement moyen en fonction des multiples du courant de réglage.



- **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).

f. Classes de déclenchement

Il existe quatre classes de relais thermique : *10 A*, *10A*, *20A*, *30A*.

Ces classes sont fonctions du temps de déclenchement à partir de l'état froid (pas de passage préalable de courant).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

	1,05 Ir	1,2 Ir	1,5 Ir	7,2 Ir
Classe	**Temps de déclenchement à partir de l'état froid**			
10A	> 2 h	< 2 h	< 2 min	2 s ≤ tp ≤ 10 s
10	> 2 h	< 2 h	< 4 min	2 s ≤ tp ≤ 10 s
20	> 2 h	< 2 h	< 8 min	2 s ≤ tp ≤ 20 s
30	> 2 h	< 2 h	< 12 min	2 s ≤ tp ≤ 30 s

Ir : courant de réglage du relais thermique.

g. Choix d'un relais thermique

Le relais thermique se choisit en fonction de la classe désirée et/ou du courant nominal du récepteur à protéger.

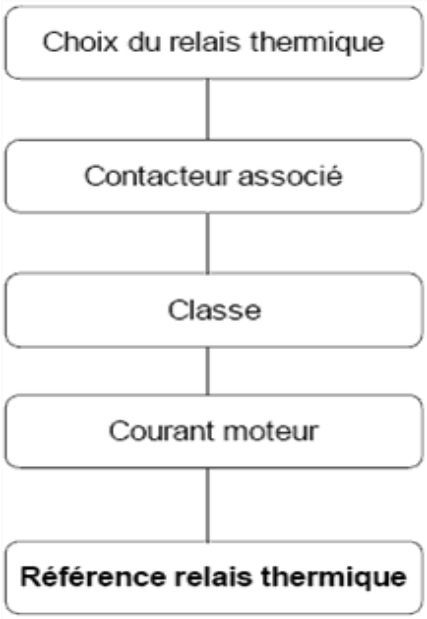
La classe est définie en fonction de la durée de déclenchement pour un courant de 7,2 fois le courant de réglage.

• Classe 10A :

Temps de déclenchement compris entre 2 et 10 s.

• Classe 20 A :

Temps de déclenchement compris entre 6 et 10 s.



<u>Remarques :</u>

- Lorsqu'un contacteur est muni d'un relais thermique, l'ensemble constitue un **discontacteur**;
- Le relais thermique ne protège pas contre les courts-circuits ;
- Le relais thermique ne protège pas le moteur en cas de court-circuit, il ne le protège que contre les surcharges. Il faut donc prévoir un autre équipement, comme un sectionneur porte fusible équipé de fusibles de type ***aM***, qui eux ne protégent pas le moteur contre une surcharge mais contre un court circuit ;
- On peut également utiliser un «disjoncteur moteur» de type magnétothermique, qui lui assure les deux fonctions : magnétique (court-circuit) et thermique (surcharge).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Zone de réglage du relais	Fusibles à associer			Pour montage sous contacteur	Référence	Masse
	aM	gl-gL	BS88	LC1, LP1		
A	A	A	A			kg
0,10 - 0,16	0,25	2	-	D09-D32	LR2 D13 01	0,165
0,16 - 0,25	0,5	2	-	D09-D32	LR2 D13 02	0,165
0,25 - 0,40	1	2	-	D09-D32	LR2 D13 03	0,165
0,40 - 0,63	1	2	-	D09-D32	LR2 D13 04	0,165
0,63 - 1	2	4	-	D09-D32	LR2 D13 05	0,165
1 - 1,6	2	4	6	D09-D32	LR2 D13 06	0,165
1,25 - 2	4	6	6	D09-D32	LR2 D13 X6	0,165
1,6 - 2,5	4	6	10	D09-D32	LR2 D13 07	0,165
2,5 - 4	6	10	16	D09-D32	LR2 D13 08	0,165
4 - 6	8	16	16	D09-D32	LR2 D13 10	0,165
5,5 - 8	12	20	20	D09-D32	LR2 D13 12	0,165
7 - 10	12	20	20	D09-D32	LR2 D13 14	0,165
9 - 13	16	25	25	D12-D32	LR2 D13 16	0,165
12 - 18	20	35	32	D18-D32	LR2 D13 21	0,165
17 - 25	25	50	50	D25-D32	LR2 D13 22	0,165
23 - 32	40	63	63	D25-D32	LR2 D23 53	0,320
28 - 36	40	80	80	D32	LR2 D23 55	0,320
17 - 25	25	50	50	D40-D95	LR2 D33 22	0,510
23 - 32	40	63	63	D40-D95	LR2 D33 53	0,510
30 - 40	40	100	80	D40-D95	LR2 D33 55	0,510
37 - 50	63	100	100	D50-D95	LR2 D33 57	0,510
48 - 65	63	100	100	D50-D95	LR2 D33 59	0,510
55 - 70	80	125	125	D65-D95	LR2 D33 61	0,510
63 - 80	80	125	125	D80-D95	LR2 D33 63	0,510
80 - 93	100	160	160	D95	LR2 D33 65	0,510

Tableau de références des relais thermiques selon les zones de réglage

Exemple 1 :

Un récepteur (moteur) absorbe un courant nominal de *25 A*. Une surcharge apparaît. On mesure un courant de surcharge de *40 A*.

1er cas : pour une durée de surcharge de *10 s*, est-ce que le relais thermique déclenche ?

2ème cas : pour une durée de surcharge de *3 min*, est-ce que le relais thermique déclenche ?

Exemple 2 :

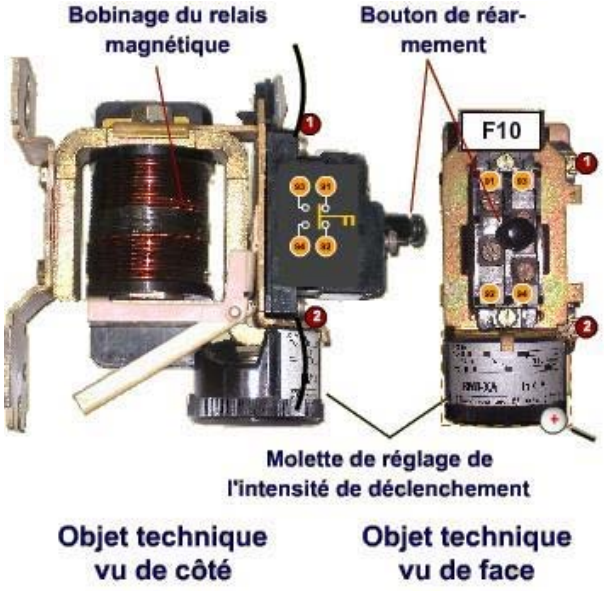
Un récepteur (moteur) absorbe un courant nominal de *25 A*. Donnez la référence du relais thermique choisi.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

3. Relais magnétique (électromagnétique)

a. Rôle

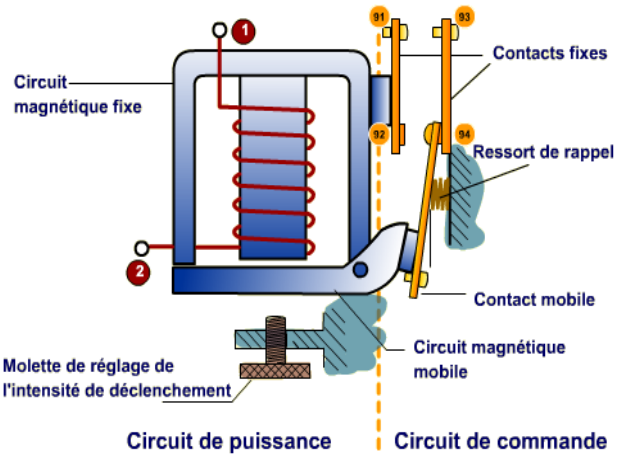
Le relais magnétique, encore appelé relais de protection à maximum de courant, est un relais unipolaire (un pour chaque phase d'alimentation) dont le rôle est de détecter l'apparition d'un court-circuit. Il s'ensuit qu'il na pas de pouvoir de coupure et que ce sont ses contacts à ouverture (91-92) et 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.

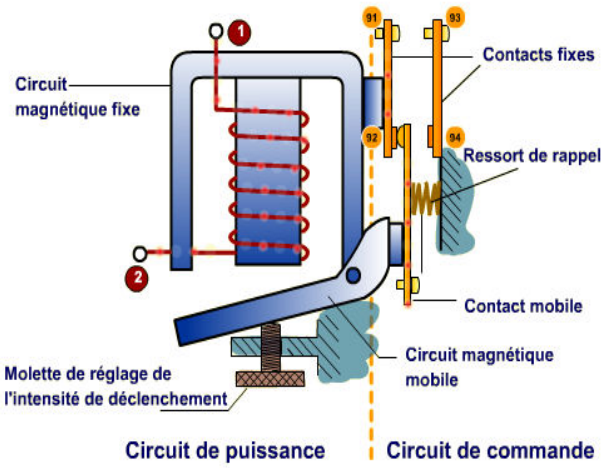


Ce relais est recommandé pour la protection des circuits sans pointe de courant ou au contrôle des pointes de démarrage des moteurs asynchrones à bagues.

b. 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.

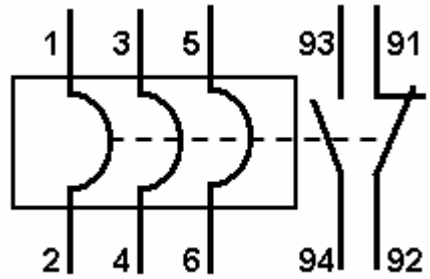




La raideur du ressort permet de régler pour quelle valeur du courant se produira la coupure. Le déclenchement est instantané avec un temps de réponse de l'ordre de milliseconde.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

c. Symbole



d. 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 do it être supérieure au courant et aux pointes normales.

4. Relais magnéto-thermique

C'est un déclencheur ou relais à maximum de courant qui fonctionne à la fois sous l'action d'un électro-aimant et sous l'effet thermique provoqué par le courant qui le parcourt.
C'est l'association d'un relais magnétique et d'un relais thermique, le premier assurant la protection contre les surintensités brutales (déclenchement instantané), éventuellement les courts- circuits, le second contre les surcharges lentes (déclenchement retardé).

5. Discontacteurs

Le discontacteur est un contacteur équipé d'un relais thermique destiné à assurer la protection contre les surcharges.
Le discontacteur :

- Permet la commande à distance ;
- Réalise des systèmes automatiques ;
- Détecte toute coupure de l'alimentation ;
- Assure des verrouillages électriques ;
- Sépare le circuit de commande du circuit de puissance ;
- Protège les récepteurs contre les surcharges.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

6. Le Disjoncteur Magnéto-thermique

a. Rôle



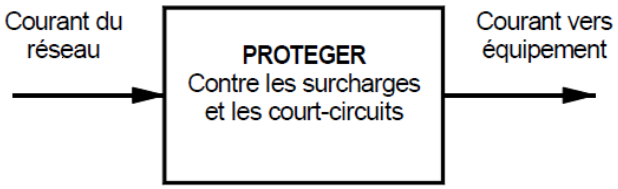
Un disjoncteur est un appareil de connexion électrique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles du court- circuit ou de la surcharge.

C'est un organe électromécanique, 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.

b. Principe

Le disjoncteur assure la protection des canalisations selon 2 principes:

- Thermique
- Magnétique

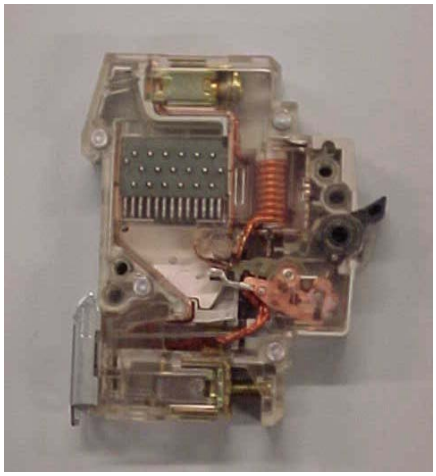


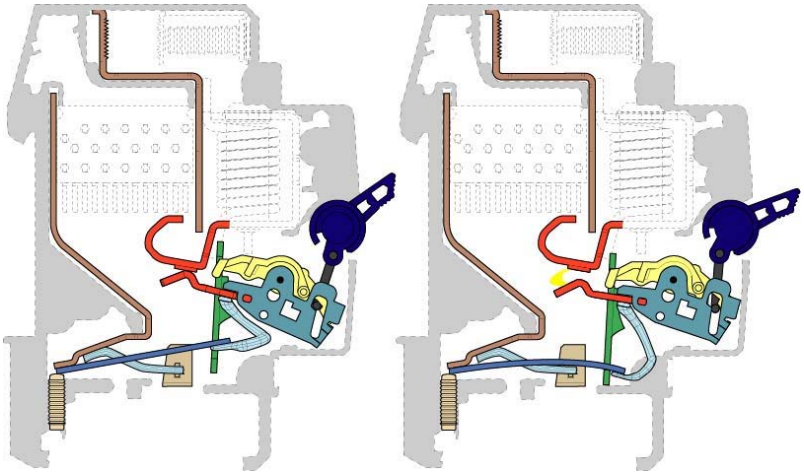
a. ***Principe thermique***

Une lame bimétallique (bilame) est parcourue par le courant. Le bilame est calibré de telle manière qu'avec un courant nominal In, elle ne subisse aucune déformation.

Par contre si des surcharges sont provoquées par les récepteurs, en fonction du temps, la lame va se déformer et entraîner l'ouverture du contact en 0,1sec au minimum.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر





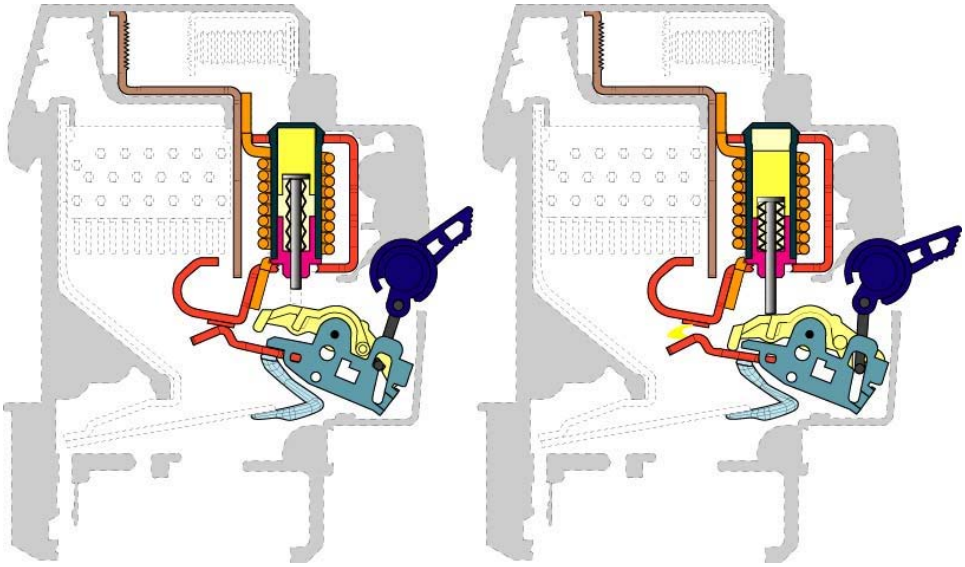
Circuit fermé Circuit en cours d'ouverture

b. Principe magnétique

En service normal, le courant nominal circulant dans la bobine, n'a pas assez d'influence magnétique (induction magnétique) pour pouvoir attirer l'armature mobile fixée sur le contact mobile. Le circuit est fermé.

Si un défaut apparaît dans le circuit aval du disjoncteur de canalisation, l'impédance du circuit diminue et le courant augmente jusqu'à atteindre la valeur du courant de court-circuit.

Dès cet instant, le courant de court-circuit provoque une violente aimantation de l'armature mobile. Cela a comme conséquence d'ouvrir le circuit aval du disjoncteur en 0,1sec au maximum.



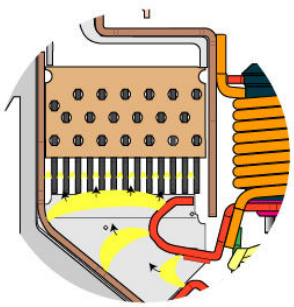
Fonctionnement NORMAL Après déclenchement sur Court-circuit

c. Chambre de coupure

Le but de cette chambre est de couper le plus rapidement possible l'arc électrique qui se produit à l'ouverture du contact

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

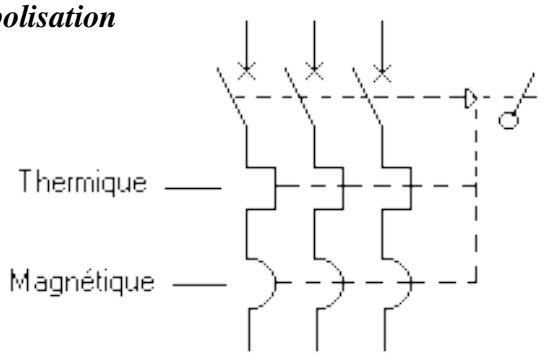
Dès la séparation des contacts, l'arc est déplacé vers la chambre de coupure sous l'effet de la force dite de Laplace, induite par la géométrie des contacts fixe et mobile.



Au cours du trajet entre les contacts et la chambre, l'arc est canalisé entre deux joues qui permettent :

- d'augmenter sa vitesse de déplacement,
- de guider sa trajectoire,
- de l'allonger.

c. *Symbolisation*



Disjoncteur magnéto-thermique

d. *Caractéristiques et classification*

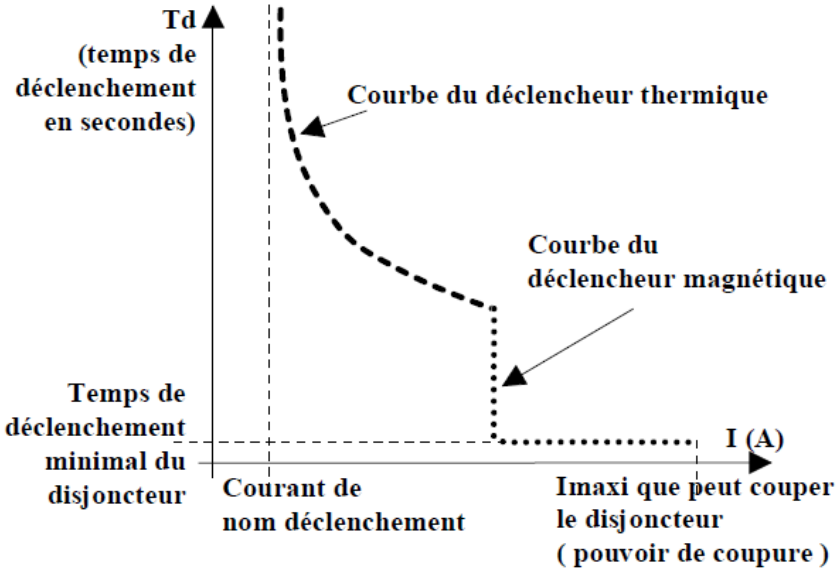
Les principales caractéristiques électriques des disjoncteurs sont :

- La tension assignée d'emploi Ue qui représente la tension maximale de fonctionnement du disjoncteur,
- Le courant assigné In, encore appelé « calibre », qui correspond à la valeur maximum du courant que le disjoncteur peut supporter de manière permanente,
- le pouvoir de coupure ultime Icu ou pouvoir de coupure nominal Icn qui correspond à l'intensité maximale d'un courant de court-circuit théorique, que le disjoncteur est capable d'interrompre sans risque de destruction, il doit être supérieur au courant de court-circuit que l'on peut atteindre sur la ligne.
- L'aptitude au sectionnement qui garantit que le disjoncteur est capable d'assurer la séparation des circuits et qu'aucun courant résiduel dangereux ne peux circuler lorsque l'appareil est ouvert,
- Le pouvoir de limitation qui caractérise l'aptitude à ne laisser passer qu'une partie du courant lors d'un court-circuit,
- Le nombre de pôles coupés et le nombre de pôles protégées (4P, 3P,..): il est fonction du réseau et de la charge.
- Le modèle (modulaire, compact,..) : Le modèle est principalement imposé par In.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

e. Courbe de déclenchement

C'est l'association de la courbe de déclenchement du relais thermique et de la courbe de déclenchement du relais magnétique.



Courbe de déclenchement du disjoncteur magnétothermique

Courbe B

Protection des générateurs, des lignes de grande longueur, où il n'y a pas de pointes de courant.

Réglage de Im : 3 à 5 In.

Courbe C

Protection générale des circuits

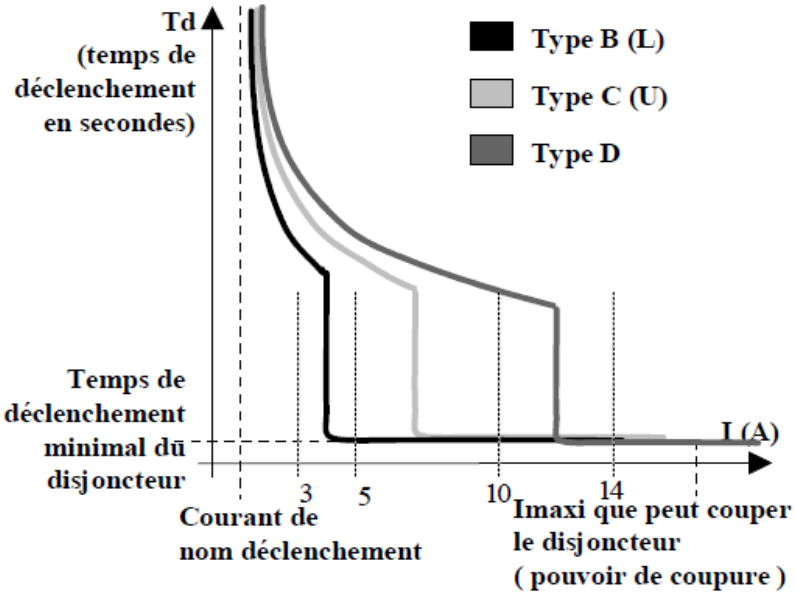
Réglage de Im : 5 à 10 In.

Courbe D

Protection des circuits à **fort courant d'appel** (primaires transformateurs BT/BT, moteurs,...).

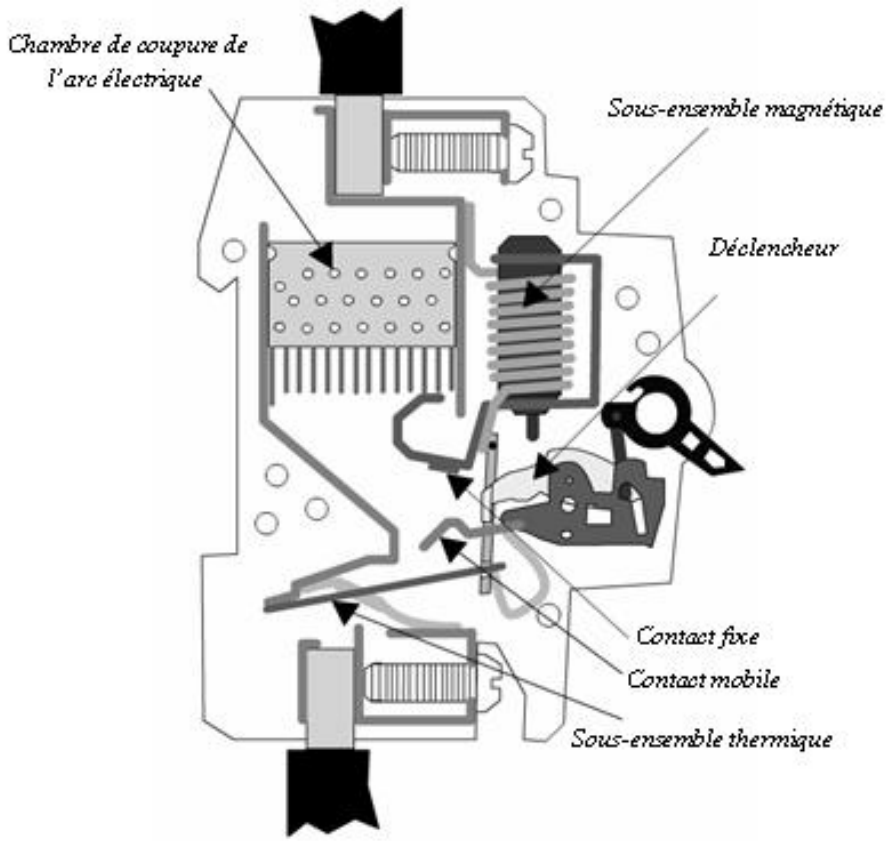
Réglage de Im : 10 à 14 In.

Le choix du type se fait en fonction du type d'installation (domestique, distribution, moteur ...).



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

f. Constitution



g. Différentes techniques utilisées par les disjoncteurs

1. **Thermique**

Le courant traverse le disjoncteur où des spires de fil chauffent par effet Joule un bilame, si l'échauffement devient suffisamment important, le bilame se déclenche interrompant ainsi le courant.

Ce système électromécanique est assez simple et robuste.

Par contre, il n'est pas très précis et son temps de réaction est relativement lent.

C'est l'une des fonctions classiquement remplie par un fusible gG (anciennement gl - usage général)

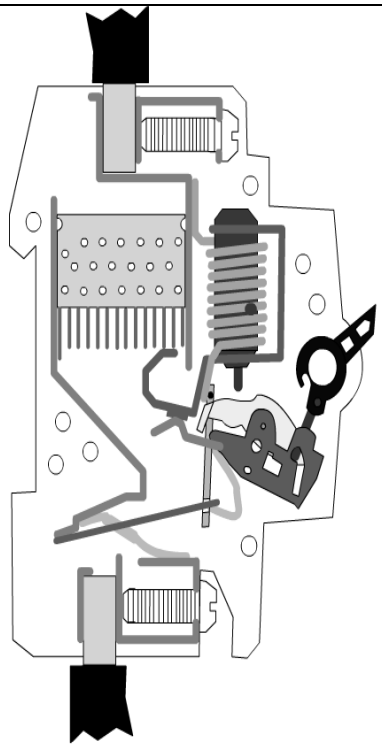
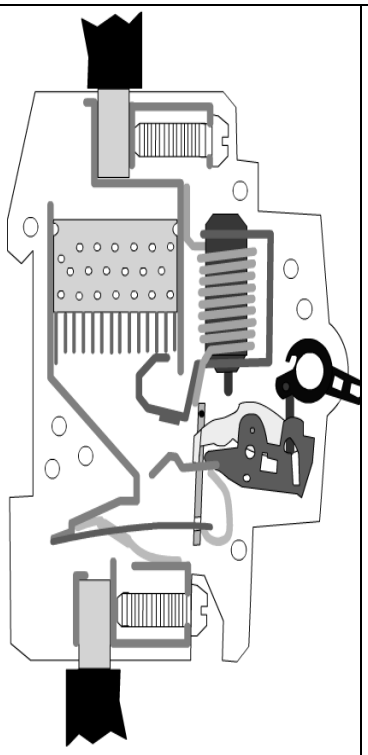
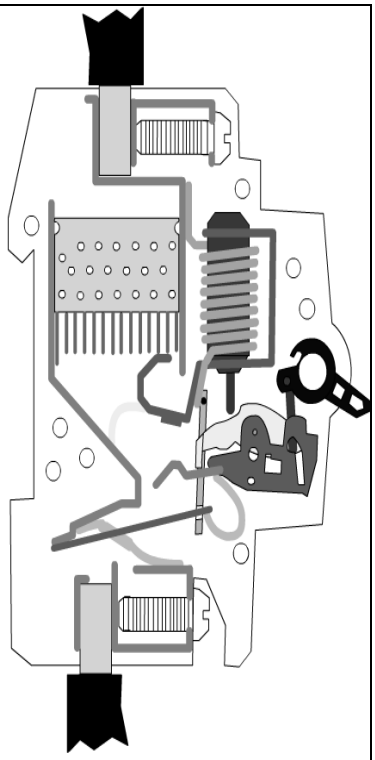
La protection thermique a pour principale fonction la protection des conducteurs contre les échauffements dus aux surcharges prolongées de l'installation.

2. **Magnétique**

Un bobinage détecte le champ électromagnétique généré par le courant traversant le disjoncteur, lorsqu'il détecte une pointe de courant supérieur à la consigne, l'interruption est "instantanée" dans le cas d'une bobine rapide ou "contrôlée" par un fluide dans la bobine qui permet des déclenchements retardés. Il est généralement associé à un interrupteur de très haute qualité qui autorise des milliers de manœuvres.

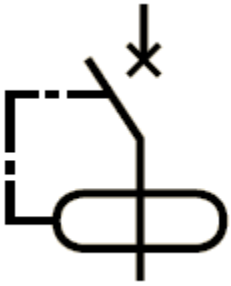
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Ce fonctionnement peut remplacer le fusible sur les courts-circuits ;
Suivant le type de disjoncteur, la valeur d'intensité de consigne va de 3 à 15 fois l'intensité nominale (pour les modèles courants) ;
Nombreuses courbes de déclenchement pour CC, CA 50/60 Hz et 400 Hz
C'est la fonction remplie par un fusible aM (protection des moteurs). La protection magnétique a pour principale fonction la protection des équipements contre les défauts (surcharge de l'équipement, court-circuit, panne, ...). Il est choisi par l'ingénieur qui a le souci de protéger son équipement avec très grande précision.

		
Etat normal du disjoncteur	Etat du bilame surchauffé	Etat d'un court-circuit

3. Différentielle

Un disjoncteur différentiel est un interrupteur différentiel réalisant également une protection en courant de court-circuit (surcharge).
Le principe d'un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) est de comparer les intensités sur les différents conducteurs qui le traversent. Par exemple, en monophasé, il compare l'intensité circulant dans le conducteur de phase, et celle du conducteur de neutre. C'est un appareil de protection des personnes et de détection des courants de fuite à la terre de l'installation électrique.



Le dispositif différentiel est basé sur le principe suivant : dans une installation normale, le courant électrique qui arrive par un conducteur doit ressortir par un autre.

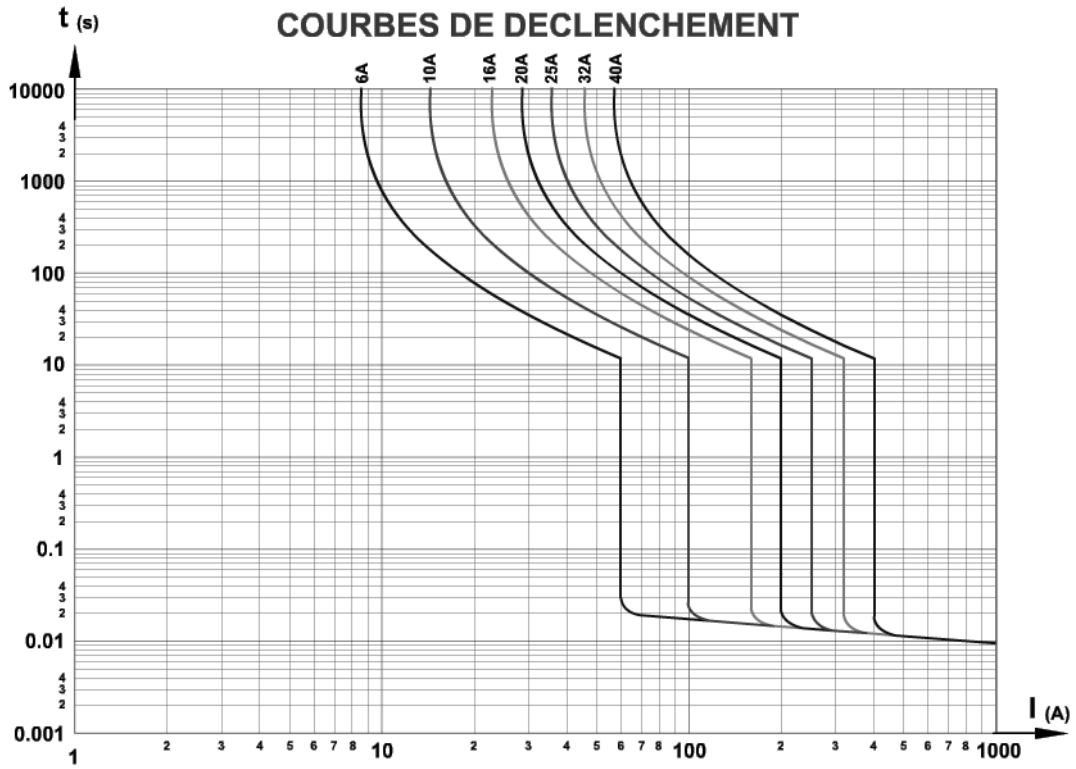
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Dans une installation monophasée, si le courant dans le conducteur de phase au départ d'un circuit électrique est différent de celui du conducteur neutre, c'est qu'il y a une fuite. La différence d'intensité du courant à laquelle réagit un disjoncteur est appelée la "sensibilité différentielle du disjoncteur" (obligatoirement 30 mA sur les circuits terminaux do mestiques), notée IΔn ("i delta n").

Son fonctionnement est très simple : chaque conducteur passe dans un tore magnétique, formant ainsi des champs électromagnétiques de force identique et en opposition qui s'annulent. En cas de différence, d'où son nom de différentiel, le champ électromagnétique résultant actionne un dispositif qui coupe immédiatement le courant.

On doit avoir donc :

Monophasé, triphasé sans neutre, triphasé avec neutre.



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

h. Différentes types de disjoncteurs



Disjoncteur divisionnaire
La tendance est au remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnétothermiques



Disjoncteur de distribution BT
Pour la commande et la protection des circuits de moteurs et de distribution, il existe deux types de construction de disjoncteurs



Les disjoncteurs sur châssis métallique de 800A à 6300A
Ils sont le plus souvent à commande motorisée et munis de relais de protection électroniques.

1. Disjoncteur divisionnaire (domestique)

La tendance est au remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnéto-thermiques qui assurent la protection des lignes et des appareils d'utilisation.

Caractéristiques *:*

Réseau *220-380 V*, pouvoir de coupure : *6000 A*.

Calibres : *10-15-20-25-32 A*.

2. Disjoncteur industriel BT

Pour la commande de la protection des circuits de moteurs et de distribution, il existe deux types de construction de disjoncteurs.

a) **Les disjoncteurs sous boîtier moulé de 32 à 1250 A**

La commande de ces disjoncteurs est en général manuelle, ils sont équipés de relais thermiques magnétiques ou magnétothermiques.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

b) Les disjoncteurs sur châssis métallique

La commande de ces disjoncteurs peut être manuelle ou électrique. Les déclencheurs peuvent être magnétiques, thermiques ou magnétothermiques.

Caractéristiques :

Courant nominal thermique : *800* à *6300 A*.
Pouvoir de coupure sous *500 V* : *70000 A*.
Pouvoir de fermeture : *175000 A*.
Déclencheurs magnétothermiques réglés de *8* à *9 In*.

3. Disjoncteur moyenne tension MT

Ils sont destinés à la protection des réseaux de distribution, et des postes de transformation, ils vont de *3* à *36 kV*, il sont réalisés soit avec coupure dans l'air, soit ils utilisent le gaz hexafluorure de soufre (*SF6*) pour l'isolement et la coupure.

4. Disjoncteur haute tension HT

Après la construction des disjoncteurs à gros puits à faible volume d'huile, et le disjoncteur à air comprimé, la nouvelle génération des disjoncteurs *HT* utilisent *SF6*. Selon la tension un pôle de disjoncteur est constitué d'une ou plusieurs chambres de coupure.

i. Techniques de coupure pour disjoncteurs

Il y a des différentes techniques utilisées par le disjoncteur comme :
Les disjoncteurs à l'huile
Les disjoncteurs à air comprimé
Les disjoncteurs au gaz *SF6*
Les disjoncteurs à vide (coupure dans le vide).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

VII. ELABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES

1. Normalisation

Le schéma électrique est un moyen de représentation des circuits et des installations électriques, c'est donc un langage qui doit être compris par tous les électriciens. Pour cette raison, il faut respecter des règles de représentation. Elles sont classifiées dans des normes internationales.

L'objectif de telle normalisation internationale est d'arriver à un langage commun entre les électriciens qui facilite l'écriture, la lecture et la compréhension des schémas électriques. La commission électrotechnique internationale (CEI), appelée aussi IEC (International Electrotechnical Commission). Créée en 1906, prépare des normes applicables à l'électricité et l'électronique.

2. Schéma électrique

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 a pour but :

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

3. Classification des schémas

3.1. Classification selon le but envisagé

a. **Schéma fonctionnel :**

C'est un schéma explicatif relativement simple, destiné à faire comprendre le fonctionnement d'une installation ou une partie d'installation, par des symboles ou par des figures simples.

b. Schéma des circuits (de principe) :

Schéma explicatif destiné à faire comprendre en détail le fonctionnement d'une installation ou une partie d'installation. Ce type tient compte des connections électriques et des liaisons qui interviennent dans l'installation.

c. Schéma d'équivalence :

Schéma explicatif particulier nécessaire à l'analyse et aux calculs des caractéristiques d'un élément de circuit ou d'un circuit.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

d. Schéma de réalisation :

Destiné à guider la réalisation et la vérification des connexions d'une installation ou d'un équipement ; ces connections peuvent être intérieures à l'équipement ou extérieures aux différentes parties de l'équipement ou installation.

3.2. Classification selon le mode de représentation

La mise en forme d'un schéma doit tendre vers un objectif de simplification graphique. L'utilisation de ce même schéma do it répondre à un besoin d'information technologique par fois très important. Ces deux facteurs, apparemment contradictoires imposent le choix du mode de représentation graphique le mieux adapté à la nature du problème posé et à la qualification professionnelle de l'utilisateur. Trois facteurs caractérisent le mode de représentation :

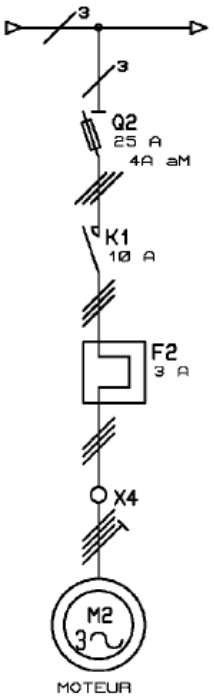
1. Le nombre de conducteurs ;
2. L'emplacement des symboles ;
3. La représentation topographique.

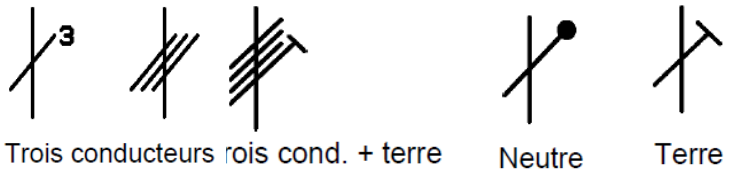
Nombre de conducteurs :

Selon le nombre de conducteurs, d'appareils ou éléments représentés par un symbole, on distingue :

a) La 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.



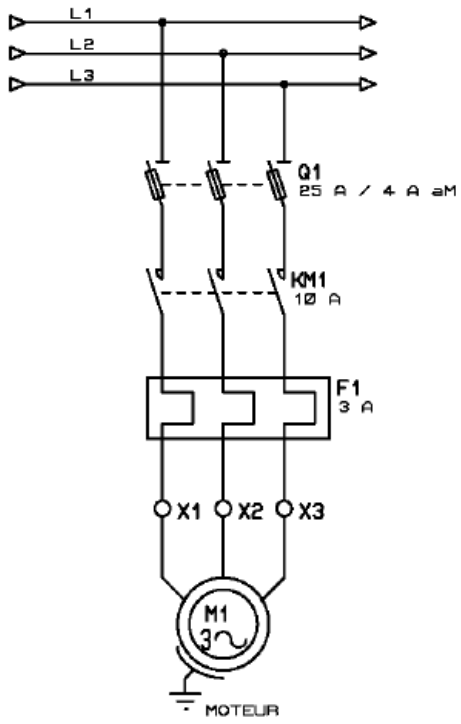


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

b) Représentation multifilaire :

Chaque conducteur est représenté par un trait.

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

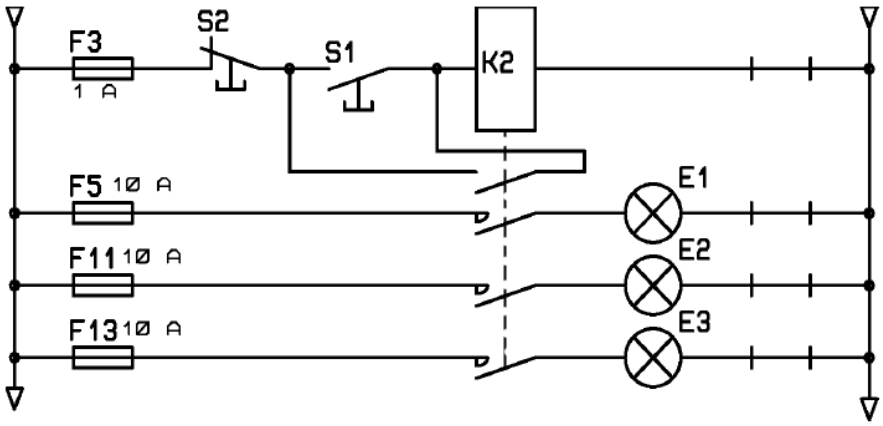


Emplacement des symboles :

Selon l'emplacement relatif sur le schéma des symboles correspondant au matériel ou élément, on distingue :

a) La représentation assemblée

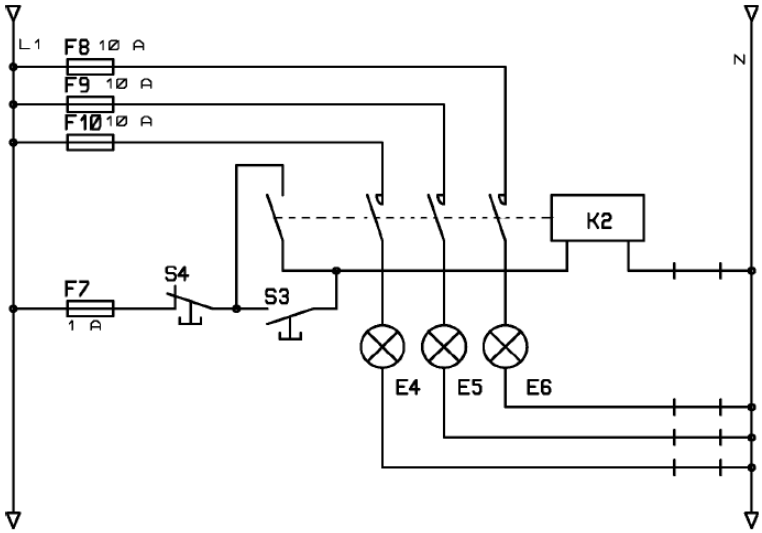
Les symboles des différents éléments d'un même appareil, ou d'un même équipement, sont représentés juxtaposés sur le schéma.



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

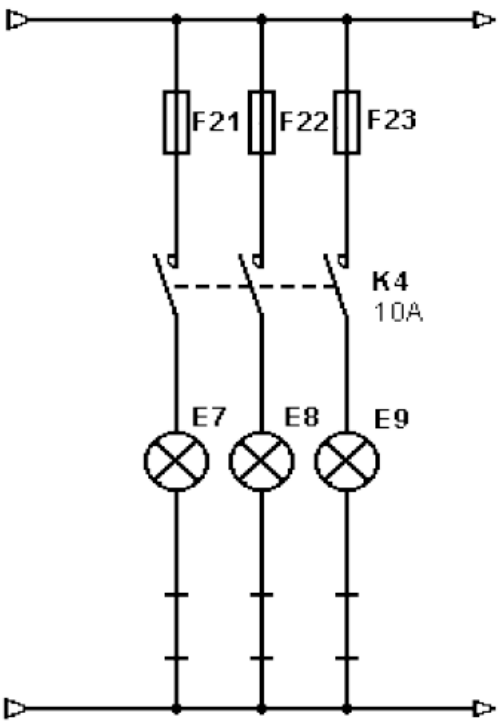
b) La représentation rangée

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



c) La représentation développée

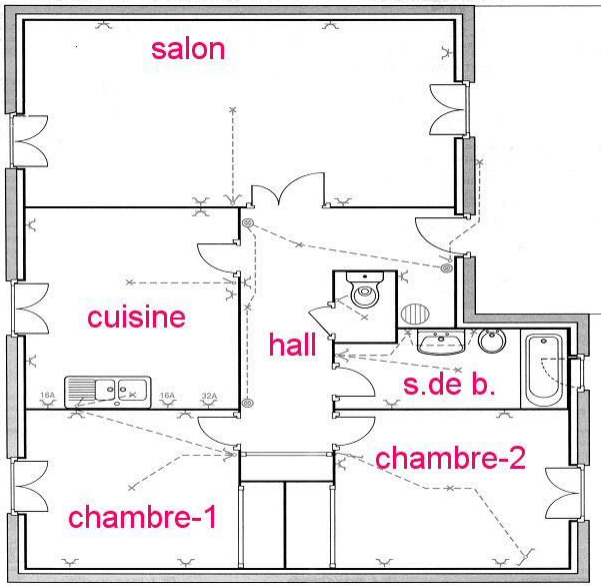
Les symboles des différents éléments d'un même appareil ou d'une même installation sont séparés et disposés de manière que le tracé de chaque circuit puisse être facilement suivi. C'est la tendance actuelle dans tous les schémas de commandes.



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

d) La représentation topographique

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



4. Identification des éléments

4.1. Définition

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

4.2. Principe d'identification

A	**B**	**C**
Sorte de l'élément	Fonction	Numéro de l'élément

a. **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

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

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.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

b. 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). 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

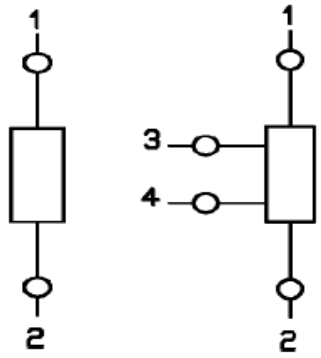
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

c. 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 (pour éviter les confusions I 1 et O 0).

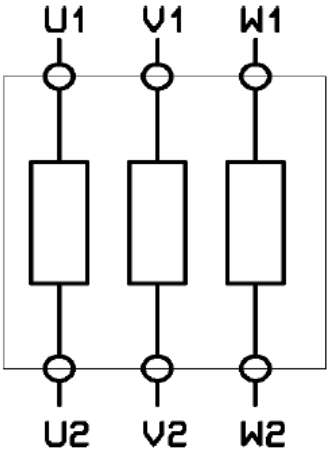
4.3. Principe de marquage des bornes

a. 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.

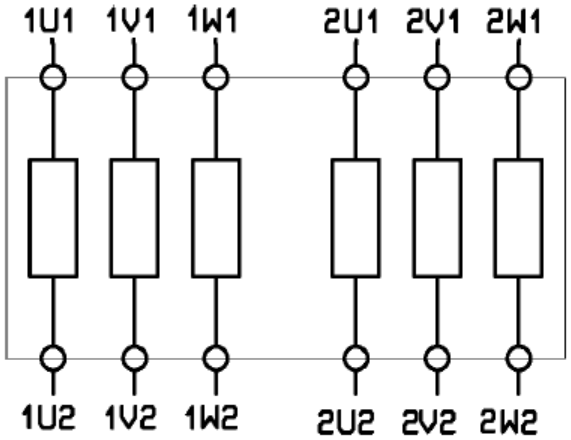
b. Pour un groupe d'élément



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

c. 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.



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

d. Lettres de référence

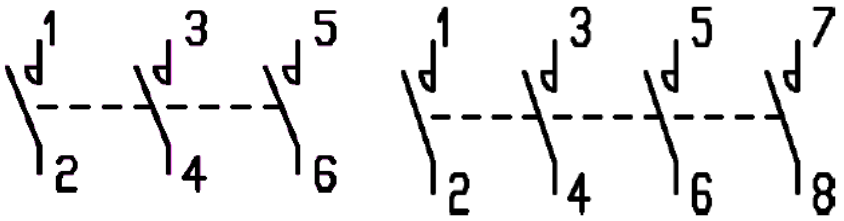
Les lettres de référence seront choisies :

- En courant continu dans la première partie de l'alphabet,
- En courant alternatif dans la seconde partie de l'alphabet.

4.4. Principe de marquage des contacts

a. Contacts principaux

Les bornes (contacteurs, sectionneurs, disjoncteurs et relais de protection contre les surcharges) sont repérées par un seul chiffre de 1 à 6 (tripolaire), de 1 à 8 (tétrapolaires).

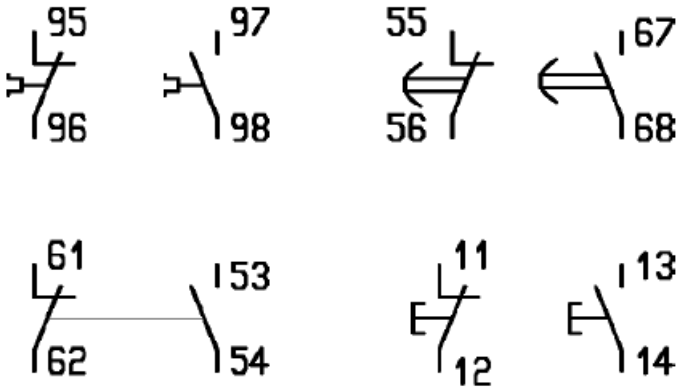


b. Contacts auxiliaires

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, contacts à fonctionnement spécial.

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



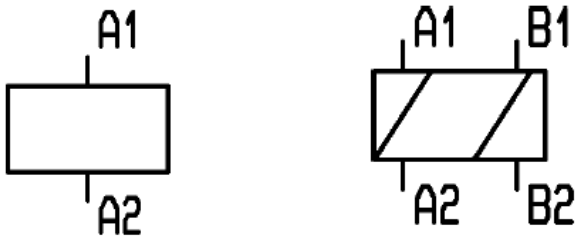
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

c. Organe de commande

Les repères sont alphanumériques, la lettre étant placée en première position :

On utilise A1 et A2 pour une bobine de commande d'un contacteur.

On utilise A1-A2 et B1-B2 pour une bobine de commande d'un contacteur à deux enroulements.



d. 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, chassis)		MM	

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

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.

a. Repérage dépendant

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

b. 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.

c. Repérages particuliers

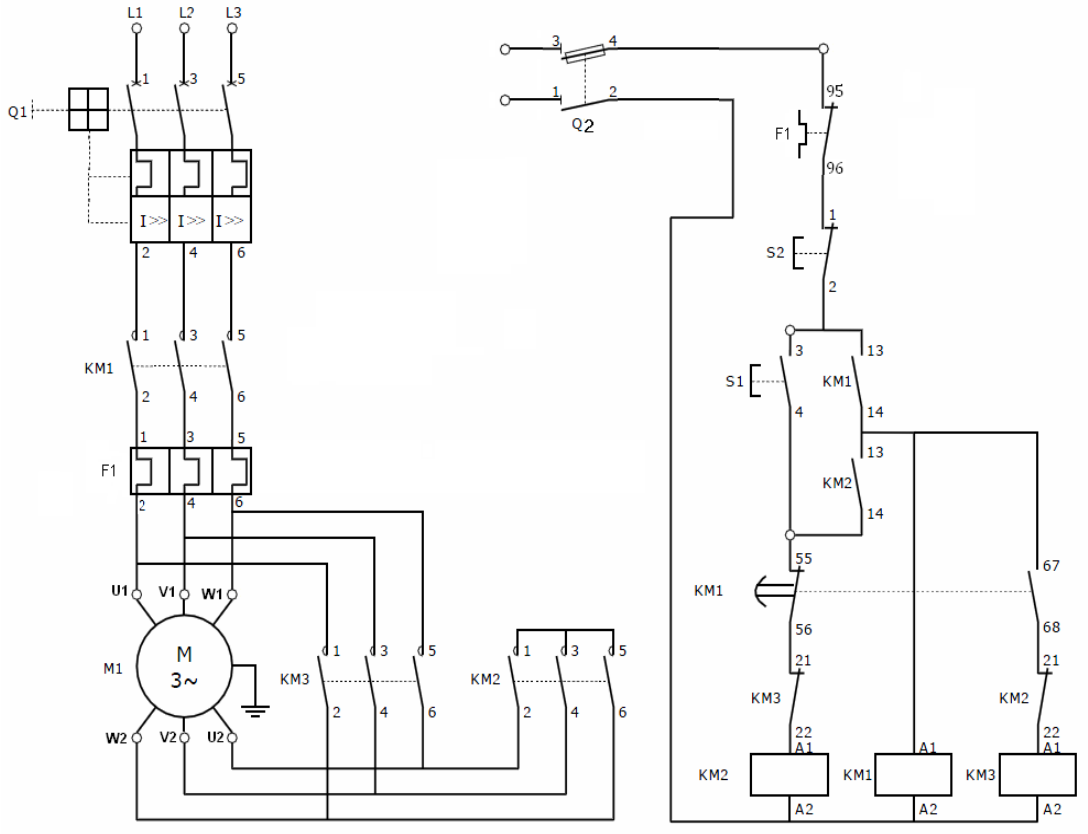
Désignation des conducteurs		Marquage	
		Notation alpha-numérique	Symbole graphique
	Phase 1	L1	
Système d'alimentation	Phase 2	L2	
alternatif	Phase 3	L3	
	Neutre	N	
Systèmes continu	Positif	L+	+
	Négatif	L-	
	Médian	M	-
Conducteur de protection		PE	
Conducteur de protection non mis à la terre		PU	
Conducteur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

Tableau des marquages des conducteurs particuliers

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

d. Méthode de repérage en schéma développé

Les circuits élémentaires peuvent être disposés verticalement ou horizontalement.
Sur un schéma développé, chaque symbole d'un élément doit être repéré de façon à pouvoir situer tous les éléments d'un appareil (voir le schéma ci-dessous).



Circuit de puissance Circuit de commande

- Chaque ligne verticale du schéma est repérée par un chiffre ou par ligne verticale. Les lignes de repérage sont espacées de 20mm à 40mm.
- A la partie supérieure ou inférieure est indiquée la fonction.
- Chaque organe du schéma est repéré par :
- L'identification de l'organe de commande ;
- Le marquage des bornes ;
- Eventuellement la localisation de l'organe de commande.
- A la partie inférieure, on porte le marquage des contacts actionnés par l'organe de commande ainsi que leur localisation dans le schéma (repérage de ligne verticale)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

VIII. TRAVAUX PRATIQUES

Les travaux pratiques sont réalisés dans les laboratoires et/ou dans les centres de calcul par des simulations numériques.

1. Installations électriques.

a. Montage simple allumage,
b. double allumage,
c. va-et-vient, cage d'escaliers, luminaire.
d. Télérupteurs, muniteries, sonneries, gâches électriques, etc....

2. Commande des machines électriques:

a. Commande d'un moteur à un et deux sens de rotation.
b. Commande des moteurs à deux vitesses.
c. Démarrage statorique et rotorique.
d. Démarrage des machines à courant continu
e. Démarrage d'un moteur en étoile triangle, étoile résistance triangle.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Canevas du la première année Master Commande des systèmes électriques

« Schémas et appareillages électriques»

Objectifs de l'enseignement

Acquérir les connaissances des phénomènes liés aux courants et aux tensions, élaboration de schémas électriques normalisés, connaître les différents types d'appareillages.

Connaissances préalables recommandées

Bases de l'électricité et de l'électrotechnique en général

Contenu de la matière :

I: FONCTION DE L'APPAREILLAGE.

- Classification suivant la fonction .
- Classification suivant la tension.
- Choix de l'appareillage électrique.
- Caractéristiques des appareils.

II: PHENOMENES DE CONTACTS ELECTRIQUES

III: PHENOMENES LIES AUX COURANTS ET A LA TENSION.

IV PHENOMENES D'INTERRUPTION DU COURANT ELECTRIQUE.

V APPAREILLAGE DE CONNEXION.

VI APPAREILLAGE D'INTERRUPTION.

VII APPAREILLAGE DE PROTECTION.

VIII ELABORATION DES SCHEMAS ELECTRIQUES.

TP : I / Installation électrique.

- Montage simple allumage, double allumage, va-et-vient, cage d'escaliers, luminaire.
- Telerupteurs, muniteries, sonneries, gâches électriques, etc....

II / Commande des machines électriques:

- Commande d'un moteur à un et deux sens de rotation.
- Démarrage d'un moteur en étoile triangle, étoile résistance triangle.
- Commande des moteurs à deux vitesses.
- Démarrage statorique et rotorique.
- Démarrage des machines à courant continu
- Monte-charge, machines s etc...

Mode d'évaluation : ……

50% examen écrit +50% contrôle continu (25% note de TD, 25%

Références *(Livres et polycopiés, sites internet, etc).*

Le schéma électrique, H.LARGEAUD, EYROLLES

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر