



Office de la Formation Professionnelle
et de la Promotion du Travail

Technicien Spécialisé

Génie Electrique

Tronc commun

Manuel de cours

Module 6

Les tableaux électriques



Edition 2021



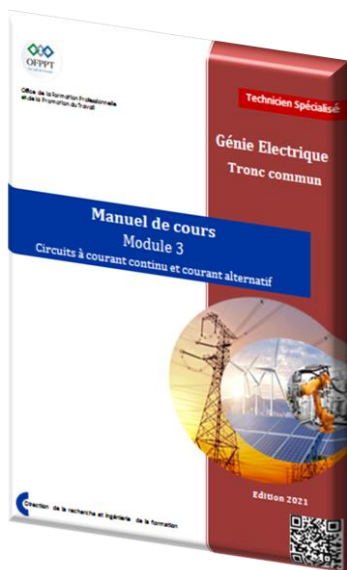
Direction de la Recherche et de l'Ingénierie de la Formation



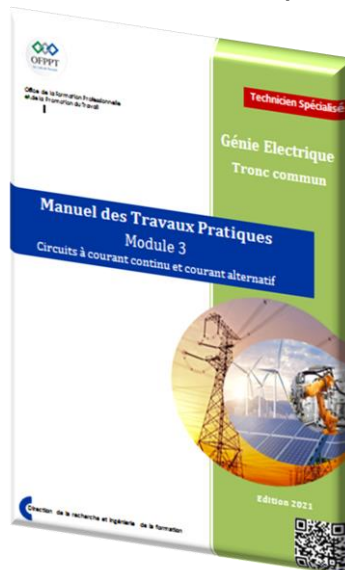
Avant-propos

Les manuels de cours, de travaux pratiques et le guide e-learning sont téléchargeables à partir de la plateforme e-learning OFPPT moyennant les codes QR suivants :

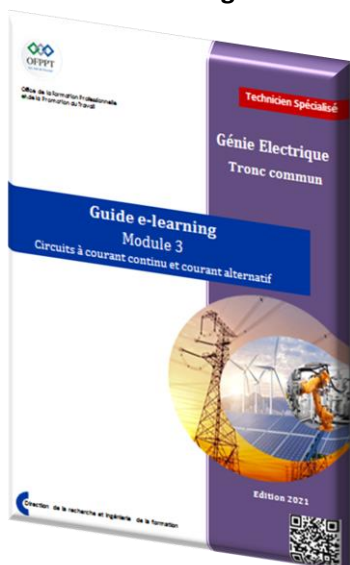
Manuel de cours



Manuel des travaux pratiques



Guide e-learning



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	2
SOMMAIRE.....	3
COMPETENCES-CIBLES ET OBJECTIFS OPERATIONNELS	4
CHAPITRE I APPAREILLAGES D'UN TABLEAU ÉLECTRIQUE	6
1. COMPOSANTES DES CIRCUITS DE PUISSANCE ET COMMANDE D'UN TABLEAU ÉLECTRIQUE	7
1.1 Différents types des tableaux électriques	7
1.2 Les fonctions de base de l'appareillage électrique BT	12
1.3 Appareillage de séparation et de sectionnement: Interrupteur – sectionneur - contacteur	13
1.4 Appareillage de protection contre les courts-circuits: Disjoncteur – Fusibles – relais magnétiques	25
1.5 Protéger contre les surcharges: Disjoncteur magnéto thermique – relais thermique	35
1.6 Protéger les personnes: Disjoncteur différentiel – Interrupteur différentiel – Relais différentiel “Vigirex”	45
1.7 Exemple d'application : Protection des départ moteurs BT	49
1.8 Les composants de signalisation	51
CHAPITRE II SCHÉMAS ÉLECTRIQUES	53
2. LECTURE ET INTERPRÉTATION DES SCHÉMAS ÉLECTRIQUES.	54
2.1 Lecture d'un schéma électrique	54
▪ Schéma électrique unifilaire.....	55
▪ Schéma multifilaire	55
2.2 Repérage et identification des éléments dans un schéma électrique:	60
Symboles électrique et repérage avec un exemple:	69
2.3 Normes pour les symboles électriques et électroniques	73
2.4 Modèles de schémas électriques bâtiment	75
2.5 Modèles de schémas électriques industriels	77
CHAPITRE III NORMES APPLICABLES AUX INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES	80
3. NORMES DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES NF ET CEI.	81
3.1 Montage suivant Norme NFC 15-100	81
3.2 Normes CEI/NF EN 61439	83
BIBLIOGRAPHIE.....	86

COMPETENCES-CIBLES ET OBJECTIFS OPERATIONNELS

Module 6 : Installer les circuits de puissance et de commande des tableaux électriques

Code : GETC – 06

Durée : 90 heures

ENONCE DE LA COMPETENCE

Installer les circuits de puissance et de commande des tableaux électriques

CONTEXTE DE REALISATION

- Individuellement
- À partir :
 - Schémas de câblage, d'implantation et de la documentation technique
 - Méthode de montage et raccordement
 - Normes en vigueur
 - d'une approche modulaire pour l'analyse de circuits
- À l'aide :
 - De l'appareillage de protection et de commande électrique : disjoncteurs, interrupteurs, contacteurs, relais, boutons poussoir, signalisation ...
 - De montages sur armoires électriques
 - De systèmes industriels
 - D'instruments de mesure : multimètre, pince ampérométrique, mégohmmètre
 - D'outillage de base : pince universelle, pince coupante, tournevis, pince à dénuder, couteau électricien ...
 - Equipements de protection individuels et collectifs

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Dextérité manuelle
- Manipulation soignée de l'appareillage de protection électrique
- Utilisation adéquate des outils et des instruments de mesure
- Comportement sécuritaire et préventif
- Utilisation appropriée des équipements de protection individuels et collectifs

ÉLÉMENTS DE LA COMPETENCE	CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
A. Appliquer les lois et les principes relatifs aux tableaux électriques	• Identifier les différents types d'armoires électriques • Application correcte des principes d'installation • Respect des mesures de sécurité individuelles et collectives • Application précise des lois et des principes
B. Analyser le fonctionnement de l'appareillage de protection et de commande des armoires électriques	• Interprétation correcte des schémas • Interprétation juste des fiches techniques • Identification précise des caractéristiques à partir des fiches techniques • Interprétation juste du fonctionnement de l'appareillage de protection et de commande des armoires électriques
C. Respecter les exigences de la réglementation et des normes relatives aux installations électriques	• Détermination correcte des normes d'installation en vigueur • Détermination du régime du neutre à adopter • Application rigoureuse des normes et des réglementations relatives aux installations électriques • Respect des mesures de santé et de sécurité
D. Installer les composantes de commande et de puissance d'une application industrielle ou tertiaire sur un tableau électrique.	• Interprétation juste des plans, des schémas et de la documentation technique • Choix approprié des composantes de commande et de puissance appropriées • Installation correcte de l'appareillage électrique • Conformité de l'installation au cahier des charges
E. Vérifier la qualité des travaux d'installation d'un tableau électrique	• Exécution correcte des tests de continuité. • Mise sous tension correcte. • Utilisation appropriée des instruments de mesure. • Vérification appropriée du fonctionnement des commandes, des relais et de l'appareillage de protection électrique. • Précision des mesures • Application minutieuse des techniques de vérification • Respect des règles de santé et de sécurité • Rangement approprié des outils. • Nettoyage approprié de l'aire de travail. • Rédaction correcte du rapport d'installation ou de la fiche d'intervention.

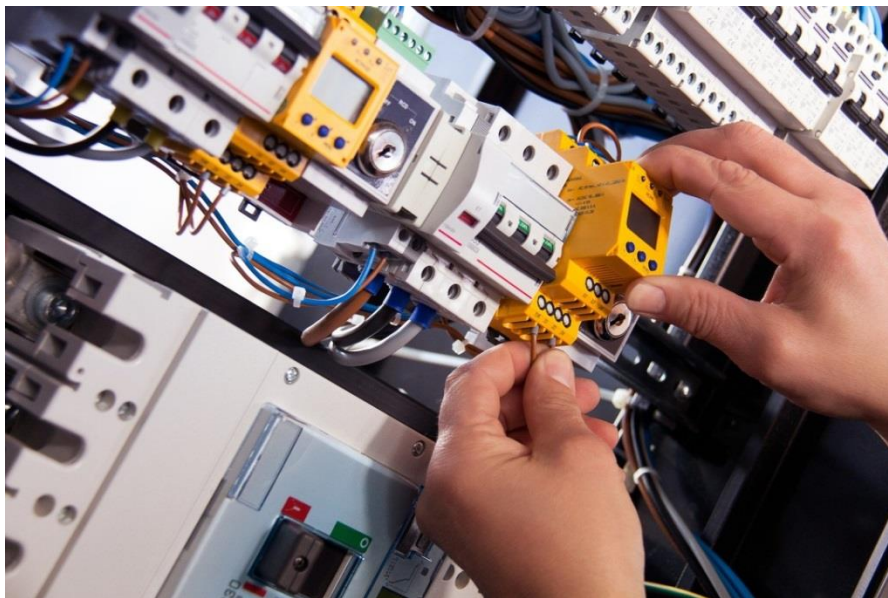
Chapitre I

Appareillages d'un tableau électrique

1. Composantes des circuits de puissance et commande d'un tableau électrique

1.1 Différents types des tableaux électriques

L'armoire électrique, également connue sous le nom de tableau électrique, constitue un composant essentiel au sein de l'installation électrique ; Il est le point d'entrée de l'énergie électrique pour l'installation (ou pour une partie de l'installation) BT. Le circuit d'arrivée se divise en plusieurs circuits (départs), chacun de ces circuits est commandé et protégé par l'appareillage installé dans le tableau (disjoncteurs, contacteurs, interrupteurs, interrupteurs fusibles, etc.). Un tableau de distribution est généralement divisé en unités fonctionnelles chacune comprenant tous les éléments mécaniques et électriques qui contribuent à l'accomplissement d'une fonction donnée. Cela représente un maillon clef de la chaîne de la sûreté.



En conséquence le type du tableau de distribution doit être parfaitement adapté à son application. Sa conception et sa construction doivent être conformes aux normes en vigueur et respecter les règles de l'art.

L'enveloppe du tableau de distribution assure une double protection :

- La protection de l'appareillage, des appareils de mesure, des relais, des dispositifs fusibles, etc. contre les chocs mécaniques, les vibrations et autres influences externes susceptibles d'en dégrader l'intégrité opérationnelle (interférences électromagnétiques, poussières, moisissure, petits animaux).
- La protection des personnes contre les risques de contacts directs et de contacts indirects (en particulier, les degrés de protection IP et l'indice IK).

L'application détermine le type de tableau à utiliser.

Les tableaux, ou ensemble d'appareillage à basse tension, se différencient par le type d'application et par leur principe de réalisation.

Les types de réalisation de tableaux peuvent être :

- traditionnels dans lesquels l'appareillage est généralement fixé dans le fond de l'enveloppe sur un châssis,
- fonctionnels dédiés à des applications

1.1.1 Les tableaux traditionnels

L'appareillage (Interrupteurs, disjoncteurs, interrupteurs fusibles, etc.) est généralement monté sur châssis à l'arrière de l'enveloppe. Les appareils de signalisation et de commande (appareils de mesures, lampes, boutons poussoir, etc.) sont montés sur la face avant du tableau.

L'implantation des matériels à l'intérieur du tableau nécessite une étude minutieuse prenant en compte l'encombrement de chaque matériel, les raccordements à réaliser et les distances de sécurité à respecter pour un fonctionnement sécuritaire et exempt de dysfonctionnements.

1.1.2 Les tableaux fonctionnels

Généralement dédiés à des applications spécifiques, ces tableaux de distribution sont équipés d'unités fonctionnelles qui regroupent l'appareillage avec ses accessoires de montage et de raccordement préfabriqués assurant ainsi un haut niveau de fiabilité et une grande souplesse de modifications de dernière minute et d'évolutions futures sur site.

- De nombreux avantages.

L'utilisation de tableaux fonctionnels de distribution s'est développée à tous les niveaux de la distribution électrique BT, du tableau général BT (TGBT) aux tableaux de distribution terminale, du fait de leurs nombreux avantages :

- la modularité du système ce qui permet d'intégrer de nombreuses fonctions dans un simple tableau de distribution dont la protection, la commande, le contrôle et la gestion technique de l'installation électrique. La conception modulaire améliore le fonctionnement et renforce aussi la facilité de maintenance et de modifications des tableaux de distribution,
- la conception rapide du tableau de distribution car elle consiste uniquement à ajouter des unités fonctionnelles,
- la facilité de montage due aux composants préfabriqués qui peuvent être installés très rapidement,
- le bénéfice d'essais de type, ce qui confère aux tableaux fonctionnels un haut niveau de sûreté.

Les nouvelles gammes Prisma Plus G et P de tableaux fonctionnels de distribution de Schneider Electric couvrent les besoins jusqu'à 4000 A. Ils offrent :

- flexibilité et facilité dans la construction des tableaux de distribution,
- certification de conformité du tableau de distribution à la norme CEI/NF EN 61439-1 et CEI/NF EN 61439-2 et assurance d'un service en toute sécurité,
- gain de temps à toutes les étapes, de la conception à l'installation, en fonctionnement, lors des modifications ou des remises à niveau,
- facilité d'adaptation, par exemple pour répondre à des normes particulières ou des habitudes de travail spécifiques en vigueur dans certains pays.

❖ Principaux types d'unités fonctionnelles.

Trois technologies de base sont utilisées pour réaliser les unités fonctionnelles.

a) Unités fonctionnelles fixes

Ces unités fonctionnelles ne peuvent pas être isolées de l'alimentation de sorte que toute intervention pour la maintenance, pour effectuer des modifications, etc. requiert la mise hors service du tableau de distribution en entier.





b) Unités fonctionnelles déconnectables

Chaque unité fonctionnelle est montée sur une platine amovible et équipée d'un dispositif de sectionnement en amont (jeu de barres) et de dispositifs de déconnexion en aval (départ). L'unité complète peut être retirée pour maintenance, sans requérir une mise hors service générale du tableau.





c) Unités fonctionnelles débrochables en tiroir

L'appareillage et ses accessoires pour assurer une fonction électrique complète sont montés dans un tiroir (châssis horizontalement débrochable). La fonction est généralement complexe et concerne souvent la Commande Moteur.

Le sectionnement, électrique et mécanique, en amont et en aval de la fonction est assuré par le débrochage complet du tiroir, permettant un remplacement rapide d'une unité fonctionnelle en défaut sans mettre hors tension le reste du tableau de distribution.

L'installation dans ces unités fonctionnelles d'appareils amovibles ou débrochables réduit le temps de coupure et augmente la disponibilité du reste de l'installation.



Départ moteur débrochable (extractible)



Compartment pour tiroir comprenant les volets de protection "Broches" + les borniers des contacts auxiliaires "commande".





1.2 Les fonctions de base de l'appareillage électrique BT

Le rôle de l'appareillage est d'assurer :

- la protection électrique,
- le sectionnement,
- la commande des circuits.

Les normes nationales et internationales définissent

- la manière de réaliser les circuits de distribution électrique et leurs besoins (les normes d'installation CEI 60364 principalement la partie 5-53 pour l'appareillage),
- la norme d'installation NF C 15-100 est à respecter.
- le rôle, les fonctions et les performances de l'appareillage (les normes produits CEI 60947 pour l'appareillage de type industriel).

Les fonctions principales remplies par les différents appareillages électriques sont indiquées dans la figure suivante

Sectionnement	Protection électrique contre	Commande
• A coupure pleinement apparente • A coupure visible	• Les courants de surcharge • Les courants de court-circuit • Les défauts d'isolement	• Commande fonctionnelle • Coupure d'urgence • Arrêt d'urgence • Coupure pour entretien mécanique

Les dispositifs de protection à basse tension sont intégrés dans les disjoncteurs au moyen de déclencheurs magnétothermiques et électroniques et/ou de dispositifs différentiels à courant résiduel (moins communément, des dispositifs volumétriques sont acceptables mais non recommandés par la CEI).

En plus des fonctions de protection de base (comme indiquées dans le tableau de la Figure H1), d'autres fonctions de protection sont à assurer, entre autres :

- la protection contre les surtensions,
- la protection contre les sous tensions.

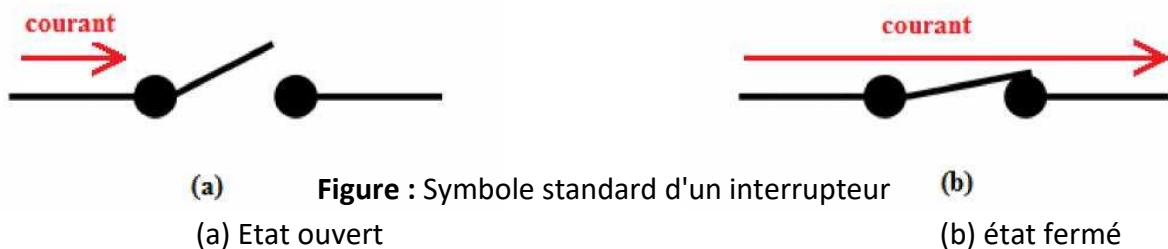
Des dispositifs spécifiques assurent ces fonctions :

- parafoudres et divers dispositifs parasurtenseurs,
- relais à manque de tension associés à des contacteurs, à des disjoncteurs télécommandés, ou à des disjoncteurs aptes au sectionnement, etc.

1.3 Appareillage de séparation et de sectionnement: Interrupteur – sectionneur - contacteur

1.3.1 Les interrupteurs

Définition : L'interrupteur électrique est un organe physique qui permet de commander un circuit électrique, permettant d'interrompre ou d'autoriser le passage de courant. Il est symbolisé dans la norme NE par la lettre S.



Il existe plusieurs types des interrupteurs :

a) Interrupteur à bouton poussoir

L'interrupteur à bouton poussoir est un dispositif à action momentanée ou fugitif qui sert à envoyer une impulsion électrique en ouvrant ou fermant un circuit. L'appui d'un bouton entraîne une modification de l'état du contact.

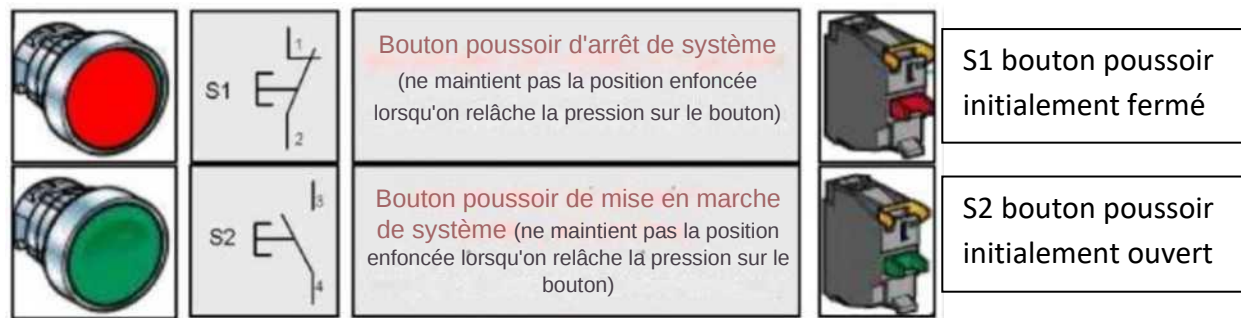
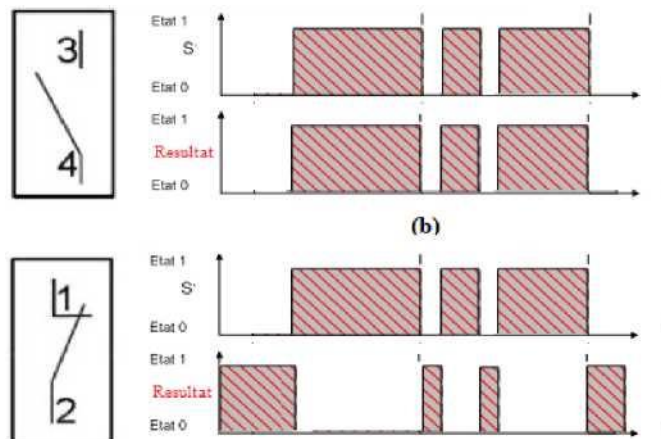


Figure : Etats des boutons poussoirs

Les interrupteurs sont repérés dans les schémas électriques par le numéro 1 et 2 pour l'état fermé et 3 et 4 pour l'état ouvert, ainsi le diagramme de fonctionnement des boutons poussoirs est démontré à la figure suivante



b) Interrupteur à levier

Les interrupteurs à levier comptent parmi les composants électriques les plus basiques et les plus courants. Le levier de commande dépasse sur la face avant d'un support qui peut être un tableau de bord, sur lequel est fréquemment fixé l'interrupteur par un dispositif d'écrou.



c) Interrupteur à bascule

Les interrupteurs à bascule sont les plus courants. Ils ont un fonctionnement identique au levier, le bouton basculeur n'étant qu'un levier à plat. Ils sont limités à trois états, fréquemment deux états sont utilisés (marche/arrêt). Leur position n'est pas forcément facile à visualiser rapidement, sauf lorsque leur ergonomie est spécifiquement étudiée, comme par exemple dans les équipements d'automobile. Ce type d'interrupteur est le plus souvent le plus fiable, car la mécanique du basculeur est spécifiquement adaptée à la commutation électrique : en associant le travail de l'opérateur à l'action d'un dispositif de ressort particulièrement simple, il assure des transitions électriques et mécaniques franches et fiables.



Figure: Interrupteur à bascule

d) Interrupteur à glissière

Un interrupteur à glissière possède l'avantage de pouvoir offrir plus de trois positions

stables, avec en prime un repère visuel de sa position. Par contre, il est quelquefois mal aisé à manipuler, il requiert le plus souvent une bonne attention et un certain doigté pour être actionné.

Ce type d'interrupteur était fréquemment utilisé dans les appareils de sonorisation domestiques et professionnels, où il est désormais remplacé par des interrupteurs électroniques statiques en circuit intégré, bien plus fiables et nettement moins coûteux.



Figure: Interrupteur à glissière

e) Bouton tournant ou interrupteur commutateur rotatif

Les interrupteurs rotatifs, fréquemment nommés commutateurs rotatifs sont commandés par un axe sur lequel est fixé un bouton qui sert en même temps d'enjoliveur. Ce type d'interrupteur peut comporter toujours plus de positions stables qu'un interrupteur à glissière et , peut offrir de nombreux circuits scindés. Sur certains modèles ces deux paramètres peuvent même être modifiés avant l'installation.



Figure: Commutateur rotatif

f) Interrupteur à Lame Souple

Un Interrupteur à Lame Souple (ILS ou interrupteur reed) est un interrupteur qui établit ou

coupe une connexion électrique selon la présence ou non d'un champ magnétique.

Il est le plus souvent constitué d'une ampoule de verre protectrice contenant une atmosphère non oxydante (sans oxygène ni vapeur d'eau) et deux contacts souples. Ces contacts sont magnétisables et élastiques, à base de fer doux par exemple. En présence d'un champ magnétique, les contacts s'aimantent par influence, et sont attirés l'un par l'autre. Ils se rapprochent et se touchent, établissant le courant. Quand le champ magnétique cesse, l'aimantation cesse aussi, et l'élasticité des contacts les écarte, coupant le courant.

Il est fréquemment utilisé comme capteur fin de course pour les vérins, ou en générateur d'impulsions de comptage : un aimant permanent fixé sur la partie mobile modifie l'état de l'interrupteur en passant devant, transmettant ainsi une information au dispositif de commande ou au compteur.



Figure: Interrupteur à lame souple

g) Les commutateurs

Le commutateur est un interrupteur qui permet de choisir entre plusieurs états actifs d'un appareil donc il est destiné à couper, à rétablir, à inverser le sens du courant électrique, ainsi que le distribuer à volonté dans différents circuits. Commutateur universel, commutateur-inverseur, commutateur de couplage comme il existe des commutateurs à plusieurs pôles.

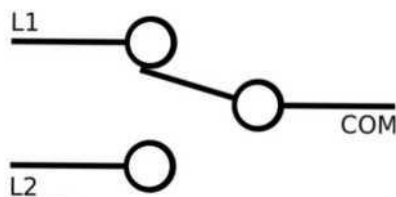


Figure: Symbole d'un inverseur



Figure : Etats des interrupteurs commutateurs

1.3.2 Le sectionneur

Le sectionneur est un appareil électromécanique symbolisé par **Q** permettant de séparer de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.

L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.

Le sectionneur, à la différence du disjoncteur ou de l'interrupteur, n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture. Il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture.

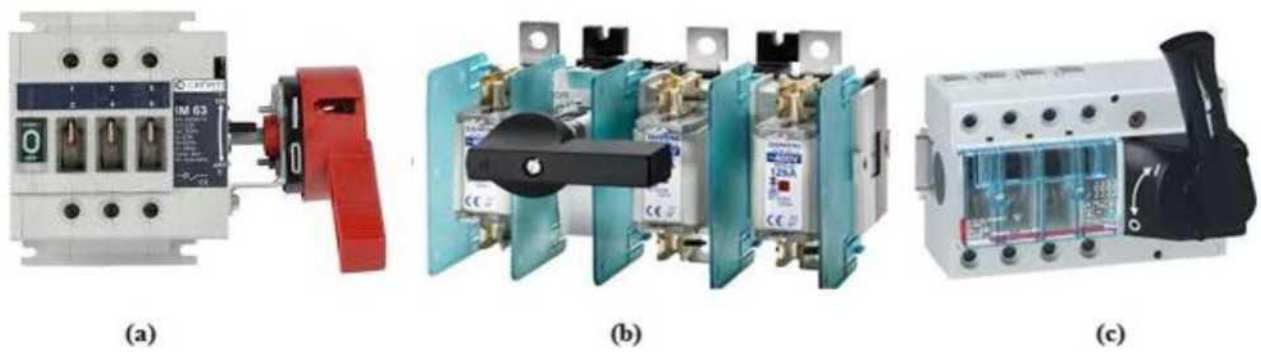


Figure: Sectionneurs basse tension

(a) Une coupure électrique réellement visible

(b) sectionneur porte fusible

(c) interrupteur - sectionneur

Il existe plusieurs types des sectionneurs dans le marché parmi lesquels on peut citer deux grandes catégories :

a) Sectionneur basse tension:

Cet appareil est souvent muni de fusibles, il est alors appelé sectionneur porte-fusibles. Certains sectionneurs comportent aussi des contacts à pré-coupure permettant de couper la commande des organes de puissance afin d'éviter une manœuvre en charge.

b) Sectionneur haute tension:

La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir séparer un élément d'un réseau électrique (ligne à haute tension, transformateur, portion de poste électrique,...) afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque de choc électrique. On combine souvent les sectionneurs haute tension et basse tension de forte puissance avec une mise à la terre. Il s'agit d'un organe de sécurité, dont le but est de fixer le potentiel d'une installation préalablement mise hors tension, pour permettre l'intervention humaine en toute sécurité sur une installation.

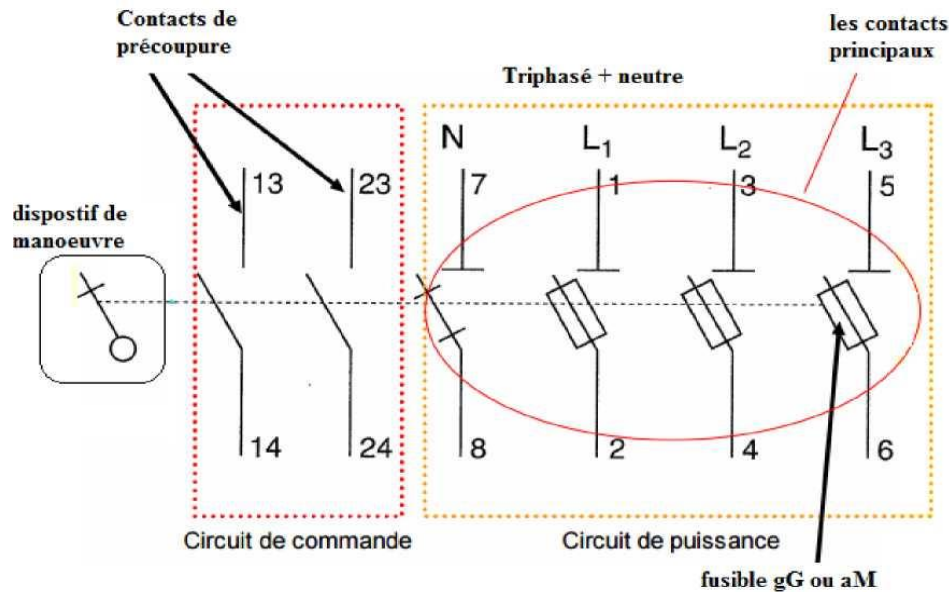


Figure I.12 : Schéma et symbole d'un sectionneur triphasé

Le principe de fonctionnement et conditions d'installation sont résumés dans les points suivants :

- S'installe majoritairement en tête d'une installation électrique ;
- indiquer sans ambiguïté sa position : on parle parfois de coupure visible
- Permet d'isoler un circuit électrique (partie puissance et commande) du réseau d'alimentation dont il doit couper tous les conducteurs actifs sauf le PEN.
- 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,...) ;
- Est un organe de sécurité lors d'une intervention de maintenance : cadenassé en position ouverte par un agent de maintenance habilité, il interdit toute remise en marche du système, cette opération appelée aussi consignation.
- Peut être manipulé depuis l'extérieur de l'armoire électrique grâce à une poignée.
- 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.

1.3.3 Le contacteur

Le contacteur est un appareil de commande capable d'établir ou d'interrompre le passage de l'énergie électrique afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance (plus de 50 kW) et en général des consommateurs de fortes puissances symbolisé par **KM**. Il assure la fonction commutation électrique. Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service donc il possède le pouvoir de coupure **PdC**. L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance. Il fait partie de la famille des pré-actionneurs puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne énergétique. Un contacteur peut être actionné à partir des éléments du circuit de commande (Bouton poussoir, Capteur, etc.).

Il est aussi utilisé en milieu domestique pour alimenter des appareils électriques comme le chauffage ou le chauffe-eau, car les organes de commande (thermostat, interrupteur-horaire et autres contacts de commande) risqueraient d'être rapidement détériorés par le courant trop important.

❖ Constitution d'un contacteur

Les contacteurs 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).

a) Le circuit de puissance du contacteur

C'est un ensemble de pièces conductrices du courant principal du contacteur. Il est constitué de : Contacts principaux libellé (1/L1- T1/2, 3/L2-T2/4, 5/L3-T3/6).

Le contacteur de puissance comporte 4 ensembles fonctionnels :

- le circuit principal ou circuit de puissance

- le circuit de commande
- l'électro-aimant
- le circuit auxiliaire (bloccsupplémentaire)

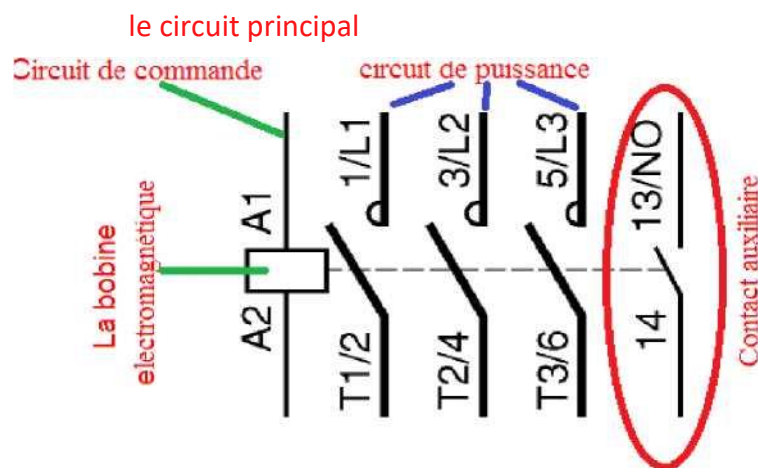


Figure: Constitution d'un contacteur tripolaire

b) Le circuit de commande et de signalisation du contacteur

Il comprend un ou deux ou quatre contact de commande pour par exemple (l'auto maintien, signalisation des lampes témoins...) .

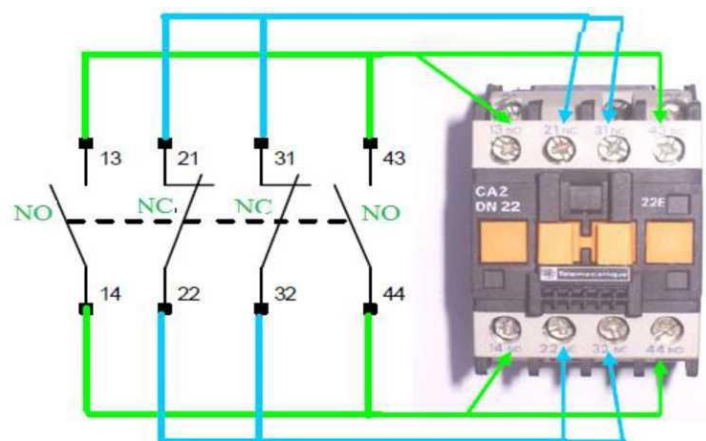


Figure: Contacts de commande d'un contacteur télémechanique

c) Bloc de contacts auxiliaires

Le bloc de contact auxiliaire est un appareil mécanique de connexion qui s'adapte sur les contacteurs. Il permet d'ajouter de 2 à 4 contacts supplémentaires au contacteur. Les contacts sont prévus pour être utilisés dans la partie commande des circuits. Ils ont la même désignation et repérage dans les schémas que le contacteur sur lequel ils sont installés (KA, KM...).

Le circuit auxiliaire est réalisé par l'addition d'un bloc auxiliaire, il est destiné à remplir autres fonctions qui comportent essentiellement des contacts auxiliaires instantanés et temporisés.

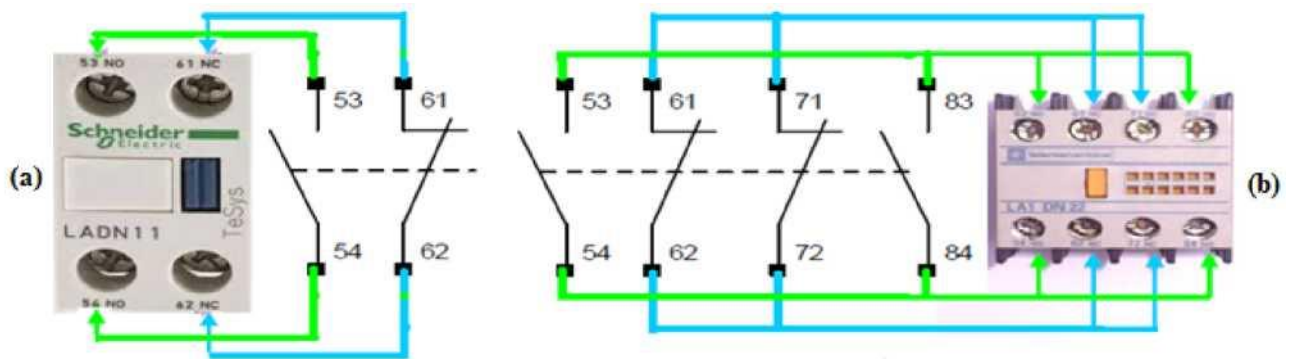


Figure I.15 : Bloc contacts auxiliaires

Ils ont la particularité de s'installer sur la face.

d) L'organe moteur

L'électro-aimant est l'élément qui attire les contacts du circuit de puissance, de commande et le bloc du circuit auxiliaire simultanément. Il comprend :

- une bobine alimentée sous une tension alternative ou continue en 24V ; 48V ; 110V ; 230V ; 400 V. Elle est repérée par les bornes A1, A2.

(a) bipolaire

(b) tétra polaire

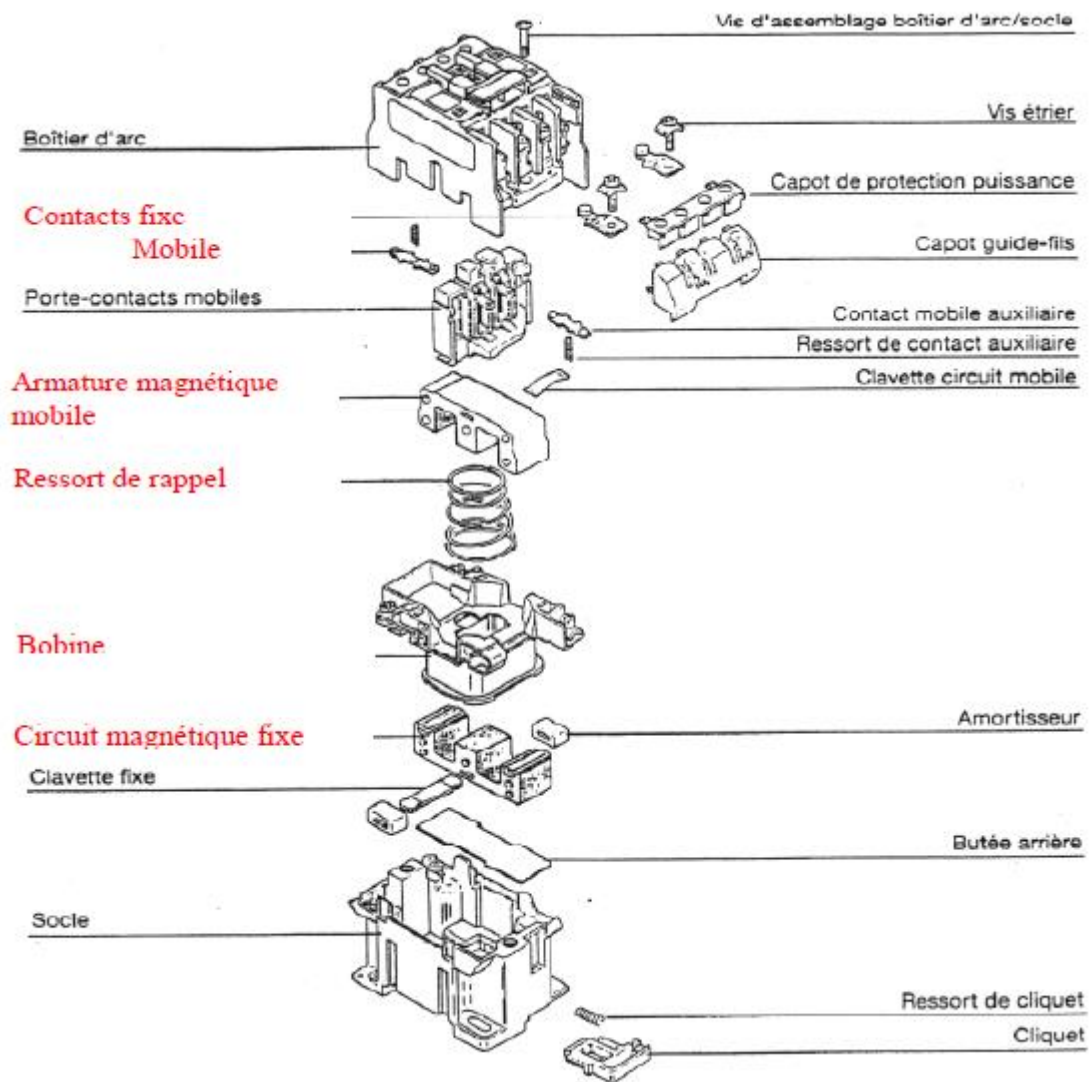
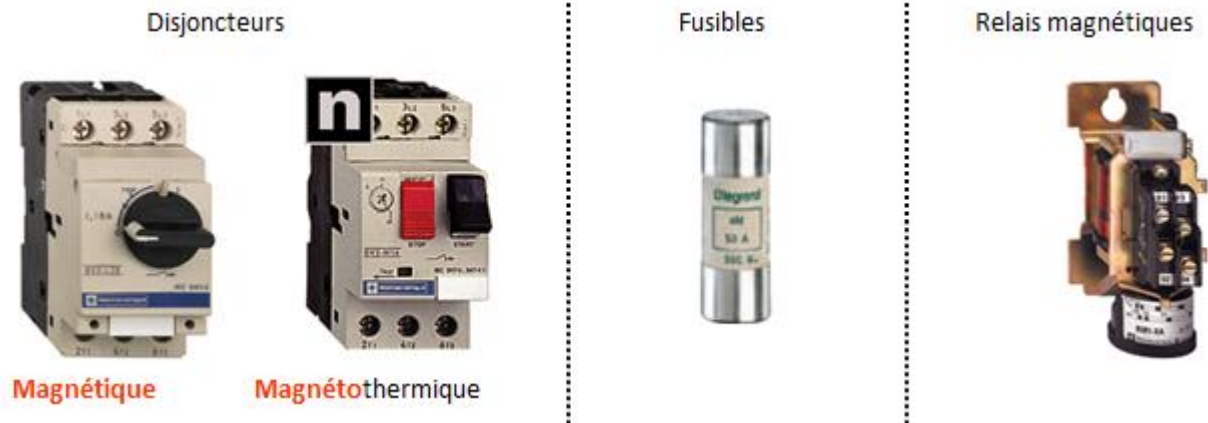


Figure: Constitution du contacteur télémechanique

1.4 Appareillage de protection contre les courts-circuits: Disjoncteur – Fusibles – relais magnétiques



1.4.1 Fusibles

Les cartouches fusibles pour porte-fusible sont des dispositifs de sécurité qui assurent une fonction de coupe-circuit. Conducteurs d'électricité, ils laissent passer le courant électrique jusqu'à une certaine intensité : au-delà de leur valeur limite, ils fondent (certains sont d'ailleurs équipés d'un témoin de fusion). En interrompant le courant électrique, ils assurent ainsi la protection des circuits en cas de surintensité et permettent d'éviter tout risque d'incendie et autres problème.



Figure: différents types de fusibles industriels

Adaptés aux sections des lignes utilisées dans le cadre de la norme NF C 15-100, ils sont munis d'un code couleur qui exprime à la fois :

- le calibre en ampères (de 2 à 32 A) : il indique la valeur maximale d'intensité pouvant être reçue.
- les dimensions du fusible : de 8,5 x 31,5 mm pour le plus petit à 10,3 x 38 mm pour le plus grand.

Ils sont ainsi facilement repérables pour vous simplifier le choix.

Les fusibles pour appareils électroniques, en corps céramique, sont destinés à la protection spécifique d'équipements et objets sensibles : variateurs de lumière, micro-informatique [1].

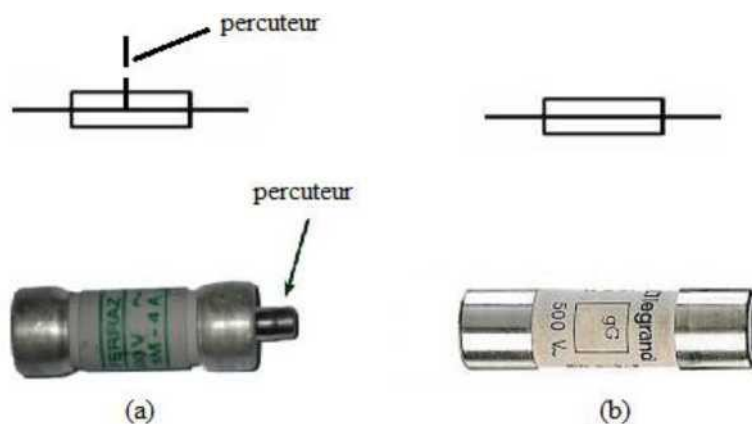


Figure: différents symboles du fusible

a) Structure interne d'un fusible

➤ **L'élément fusible:**

C'est le cœur du fusible, il est sensible à la valeur efficace du courant. Réalisé en matériau de très faible résistivité, il se présente sous la forme d'un fil ou de ruban de section réduite qui crée une zone de fusion privilégiée.

➤ **Le corps du fusible:**

Il est en verre, en céramique ou en d'autres matériaux équivalents.

➤ **La matière de remplissage du fusible :**

Généralement à base de silice granuleuse, son rôle est d'absorber l'énergie de l'arc et d'assurer l'isolement après la coupure.

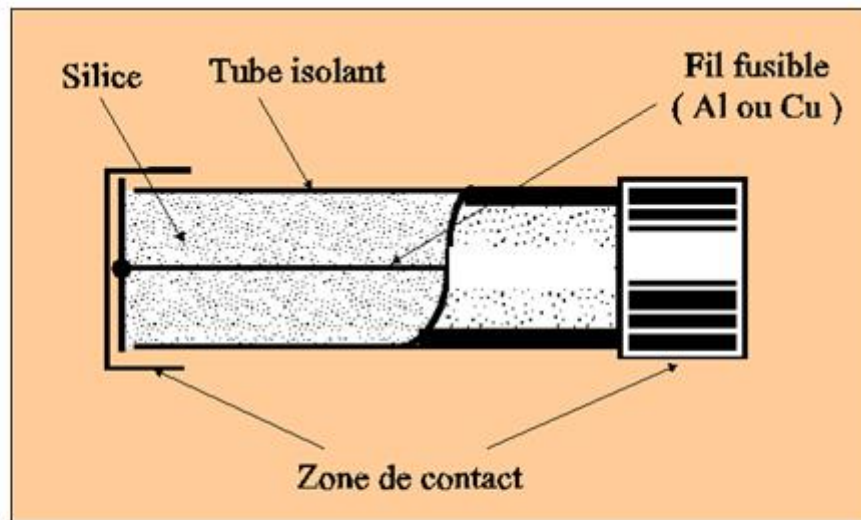


Figure: Structure d'un fusible à cartouche

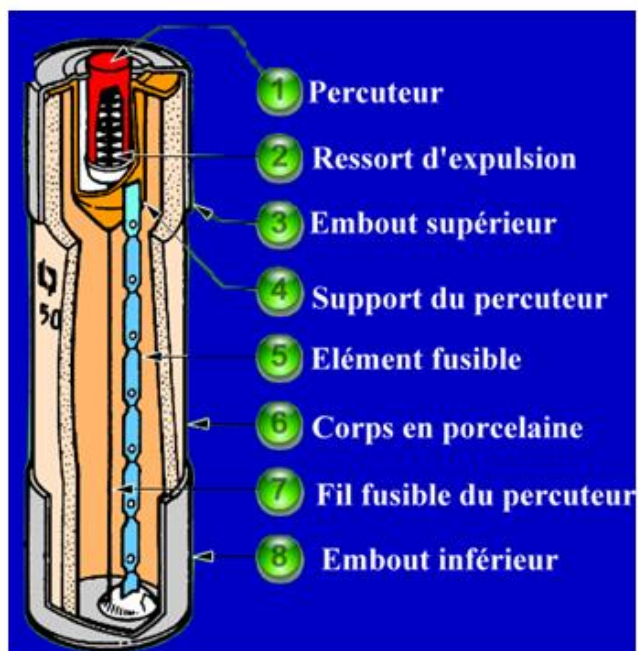


Figure: Structure d'un fusible à percussion

b) Fonctionnement

- Pour l'intensité nominale I_n , l'énergie dissipée par effet Joule s'évacue sans provoquer la fusion.
L'équilibre thermique réalisé ne provoque ni vieillissement ni détérioration du fusible.
- Lors d'une surintensité, l'équilibre thermique est rompu. L'élément fusible reçoit plus d'énergie que ce qui peut être évacué. C'est la fusion.

c) Classes des cartouches fusibles:

Il existe plusieurs classes de fusibles afin de répondre aux exigences techniques des installations électriques à utiliser.

- **Classe AM** (Accompagnement moteur) sont marqués en couleur verte, Fusibles légèrement retardés pour circuit moteur ou circuits comportant un courant de démarrage ($I_d = 5$ à 10 fois I_n)

- **Classe gI** (groupe Industriel) nouvelle norme **gG** sont marqués en couleur noire

Fusibles rapides pour circuits ne comportant pas de courant de démarrage tels que circuits lumières, chauffage etc...

- **Classe gF** (cartouche domestique) sont marqués en couleur noire

Fusibles rapides réservés aux installations domestiques, aux caractéristiques identiques à celles des gG, mais sans sable à l'intérieur de la cartouche e qui diminue leur prix mais aussi leur pouvoir de coupure.

- **Classe AD** (abonnement distribution) sont marqués en couleur rouge

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

Taille	Gamme du calibre	Type
8,5 x 31,5	1 - 16 A	gG
10 x 38	0,5 - 25 A	
14 x 51	2 - 50 A	
22 x 58	4 - 125 A	
8,5 x 31,5	1 - 10 A	aM
10 x 38	0,25 - 25 A	
14 x 51	2 - 50 A	
22 x 58	16 - 125 A	
00	25 - 160 A	A couteau gG
0	63 - 200 A	
1	125 - 250 A	
2	200 - 400 A	
3	500 - 630 A	
4	630 - 1250 A	A couteau aM
00	25 - 125 A	
0	63 - 160 A	
1	125 - 250 A	
2	200 - 400 A	
3	500 - 630 A	
4	630 - 1000 A	

Figure: La gamme de cartouche fusible industrielle propose par Legrand

- **Intensités et tensions assignées (nominales)** L'intensité assignée peut traverser indéfiniment un fusible sans provoquer ni fusion, ni échauffement excessif ; la tension assignée est la tension sous laquelle ce fusible peut être utilisé.
- **Courants conventionnels de non-fusion et de fusion** **Courant conventionnel de nonfusion** (I_{nf}) : "valeur du courant qui peut être supportée par la cartouche fusible pendant un temps conventionnel sans fondre".
- **Courant conventionnel de fusion** (I_f) : "courant qui provoque la fusion de la cartouche fusible avant l'expiration du temps conventionnel"

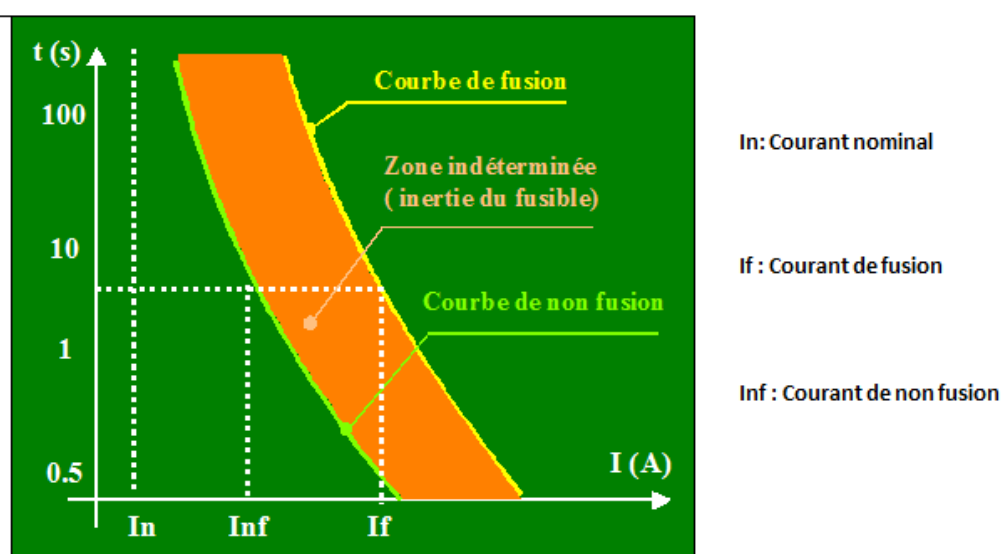


Figure: Caractéristiques temps -intensité de fusion et non fusion

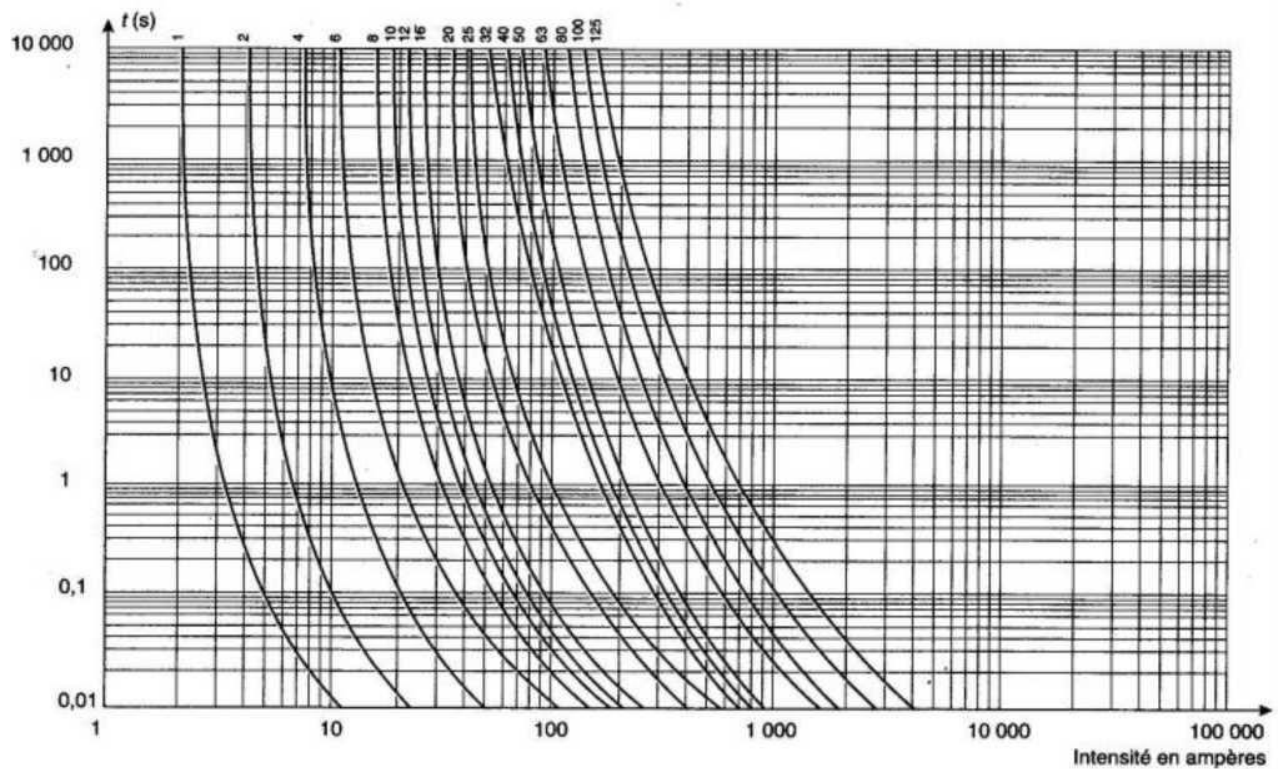


Figure: Courbes de fusion des cartouches fusibles de type gG

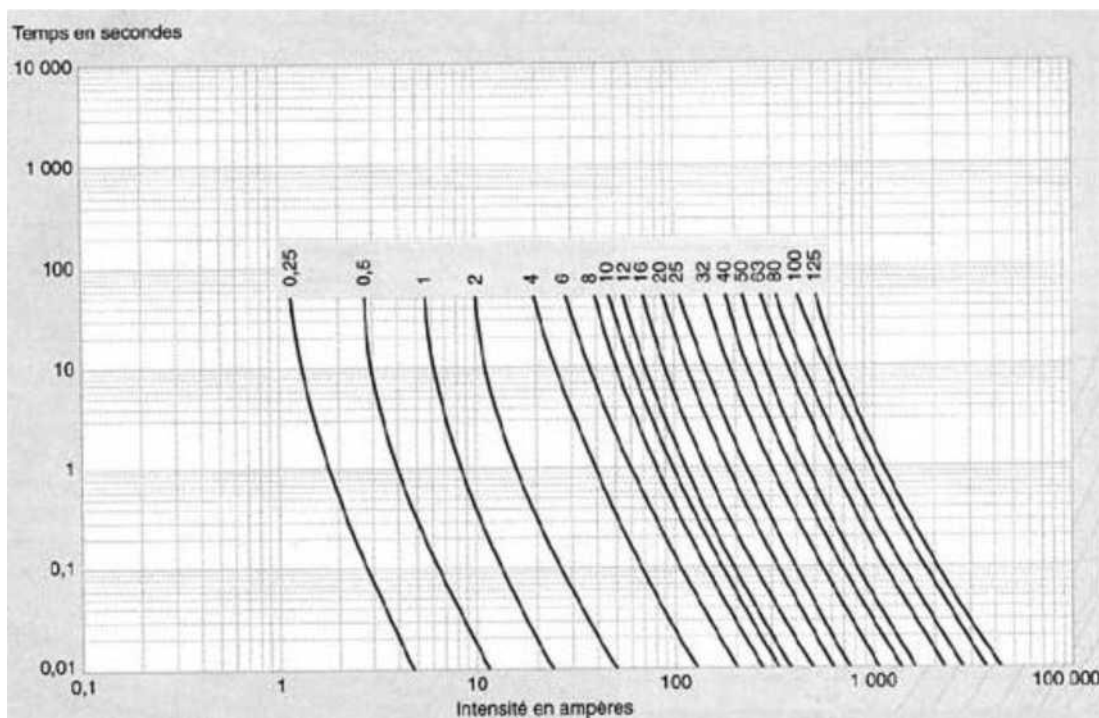


Figure: Courbes de fusion des cartouches fusibles de type aM

1.4.2 Relais électromagnétique

Le relais électromagnétique est un interrupteur électromagnétique qui se commande avec un courant continu ou alternatif de faible valeur (dizaine de milliampère). La partie interruptrice sert à piloter des charges secteur de forte puissance (plusieurs dizaines d'ampères).

a) Constitution :

Le relais est composé principalement d'une bobine lorsqu'elle est alimentée un champ électromagnétique est créé et qui transmet une force mécanique à un système de commutation à contacts électriques.

L'électroaimant (la bobine) peut être, suivant les spécifications et besoins, alimenté en TBT (Très Basse Tension) (5 V, 12 V, 24 V, 48 V) continu ou alternatif ou en BT (Basse Tension) (230 V, 400 V).

Le système de commutation peut être composé d'un ou plusieurs interrupteurs simples effets appelés contacts normalement ouverts (NO) ou normalement fermés (NF ou NC). Ces commutateurs sont adaptés aux courants et à la gamme de tensions à transmettre à la partie puissance.

Divers systèmes mécaniques ou pneumatiques peuvent créer un retard à l'enclenchement ou au relâchement (on dit alors que le relais est "temporisé").

Dans les systèmes mettant en œuvre une grande puissance, on appelle les relais des "contacteurs".

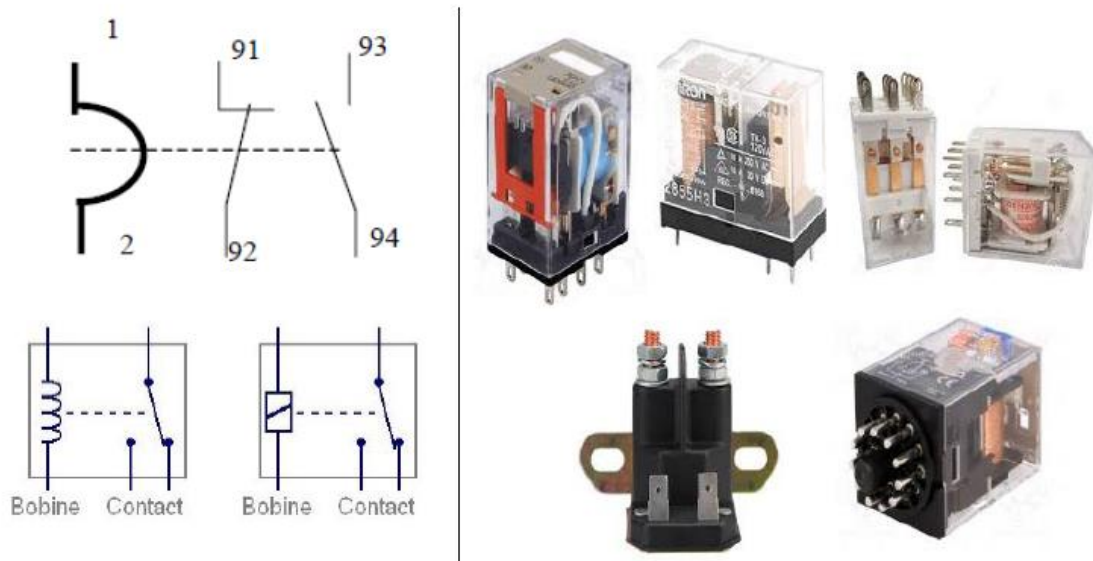


Figure: Constitution et symbole du relais électromagnétique

b) Principe de fonctionnement.

L'alimentation en courant de la bobine magnétise le circuit qui se ferme et actionne le contact.

Un relais peut être monostable ou bistable :

Fonctionnement monostable : les contacts commutent quand la bobine est alimentée et le retour à l'état initial se fait quand la bobine n'est plus alimentée (à l'aide d'un ressort en général). C'est le relais le plus répandu.

Fonctionnement bistable à une bobine : on alimente la bobine pour que les contacts commutent : l'état ne change pas quand la bobine n'est plus alimentée, un système mécanique bloque le retour. Pour revenir à l'état initial, on alimente à nouveau la bobine pour débloquent le mécanisme, dans certain cas en inversant la polarité de l'alimentation.

Fonctionnement bistable à deux bobines : on alimente la première bobine pour que les contacts commutent : l'état ne change pas quand la bobine n'est plus excitée. Pour revenir à l'état initial, on alimente la deuxième bobine.

Quand un courant circule dans la bobine (circuit de commande), celle-ci crée un champ magnétique qui fait se fermer les contacts (circuit de puissance). Quand le courant est coupé, un ressort de rappel rouvre les contacts.

c) Caractéristiques d'un relais électromagnétique.

▪ Partie commande (bobine) :

Tension nominale d'alimentation (U_n) : valeur de la tension d'alimentation de la bobine pour un fonctionnement optimal.

Résistance de la bobine d'excitation (R_{bob}) : Ce paramètre caractérise la résistance électrique du circuit d'excitation du relais.

Courant nominal (I_n) : valeur du courant circulant dans la bobine pour un fonctionnement optimal ($I_n = U_n / R_{bob}$)

Tension d'enclenchement du relais : valeur minimale de la tension d'alimentation de la bobine permettant le passage des interrupteurs en position de travail.

Tension de déclenchement du relais : valeur maximale de la tension d'alimentation de la bobine permettant le retour des interrupteurs en position de repos.

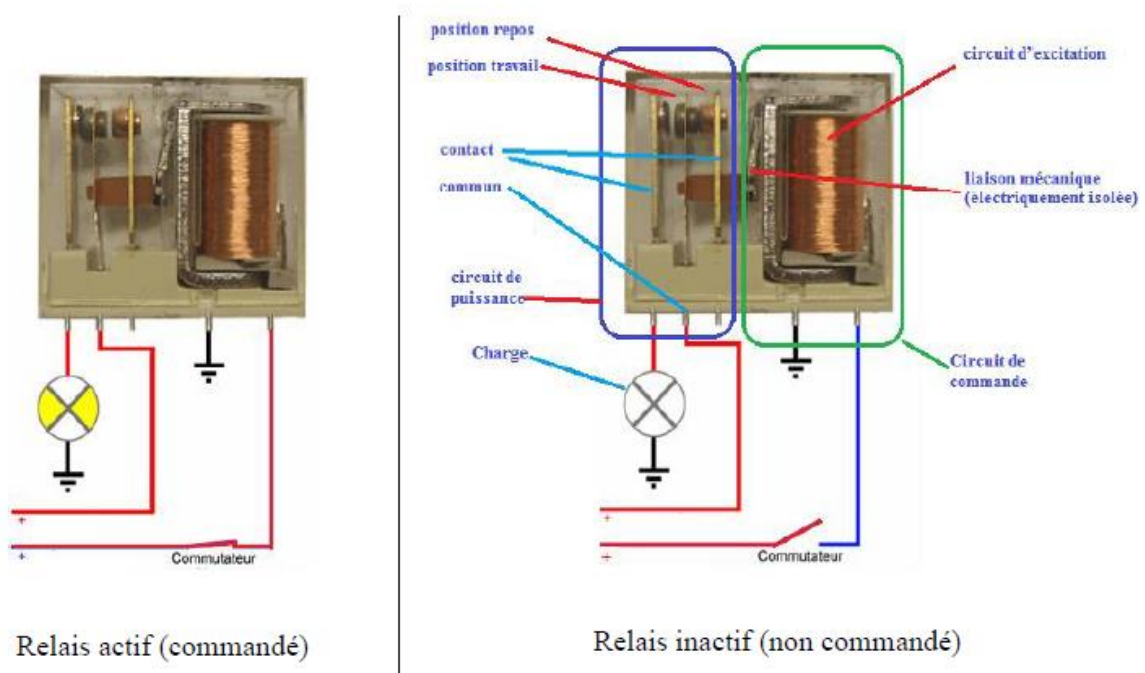


Figure: Principe fonctionnement d'un relais électromagnétique

▪ Partie puissance :

Nature des contacts : On peut trouver plusieurs contacts dans un relais. Ces contacts peuvent être à ouverture (normalement fermé), à fermeture (normalement ouvert), inverseur ou temporisés. Intensité maximale du courant pouvant traverser les contacts

- Pouvoir de coupure : puissance maximale que l'interrupteur peut supporter
- Tension de service : tension aux bornes de l'interrupteur quand celui-ci est ouvert
- Nombre maximum de manœuvres possibles
- Résistances de contact des interrupteurs
- Temps de déclenchement ou d'enclenchement

d) Inconvénients du relais électromécanique :

- il peut être relativement bruyant
- il a une durée de vie limitée car les pièces en mouvement s'usent. Quand on doit commander très souvent un élément on utilise plutôt des composants électroniques (relais statique, transistors, ...)

1.5 Protéger contre les surcharges: Disjoncteur magnéto thermique – relais thermique

1.5.1 Disjoncteurs magnéto-thermiques

Un disjoncteur magnétothermique est un organe de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas de surcharge ou de court-circuit.

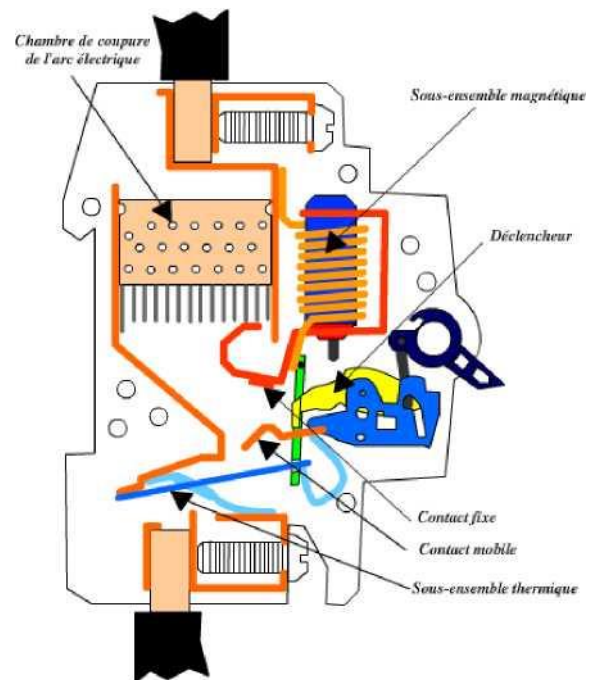
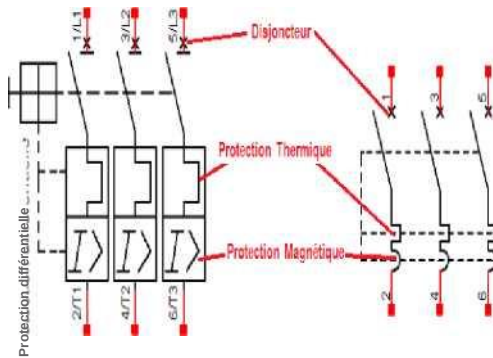
a) Constituants d'un disjoncteur:

- **Protection thermique :**

Chaque phase du moteur est protégée par un bilame (déclencheur thermique) qui en cas de surintensité prolongée chauffe par effet Joule et déclenche un mécanisme qui ouvre les contacts. Le seuil de déclenchement est réglable directement sur le disjoncteur moteur.

- **Protection magnétique:**

Un déclencheur équipé d'un électroaimant protège chaque phase qui en cas de court-circuit coupe le courant électrique. Ce déclencheur est basé sur la création d'un champ magnétique instantané (0,1sec) qui actionne une partie mobile et commande l'ouverture des contacts. La partie magnétique du disjoncteur moteur n'est pas réglable ce sont les courbes de déclenchement qui définissent le seuil de déclenchement qui s'exprime en nombre de fois l'intensité nominale (3 à 15 I_n).



Effet thermique: La réponse au dysfonctionnement est alors lente (la coupure du circuit peut prendre de quelques dixièmes de seconde à plusieurs minutes, en fonction de l'importance de la surcharge) ;

Effet magnétique: La réponse est alors très rapide (de l'ordre de la milliseconde).

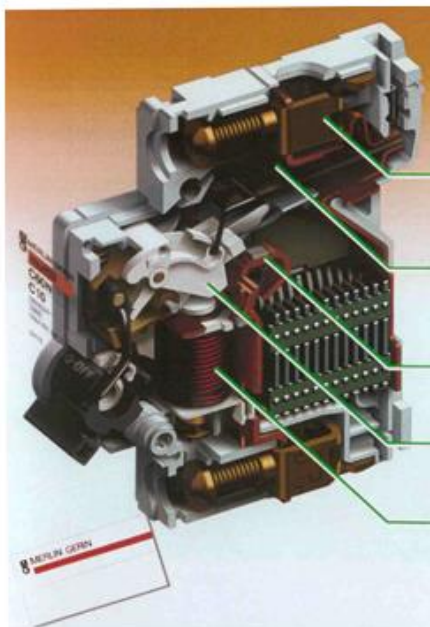
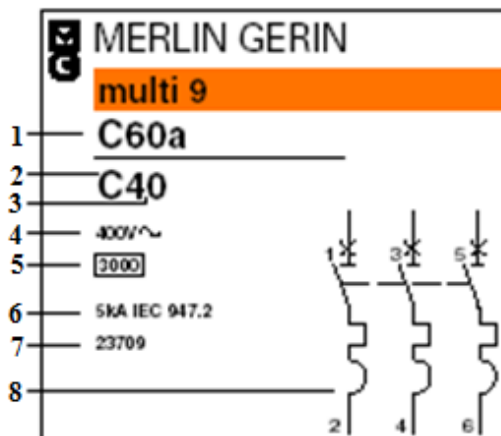


Figure: Constitution d'un disjoncteur magnétothermique

b) Choix d'un disjoncteur:

▪ Plaque signalétique des disjoncteurs



1: Variante du disjoncteur suivant le pouvoir de coupure

2: Courbe de déclenchement

3: Calibre du disjoncteur (courant assigné)

4: tension d'emploi U_e

5: Pouvoir de coupure suivant la norme « domestique et analogue » NFC 61-410

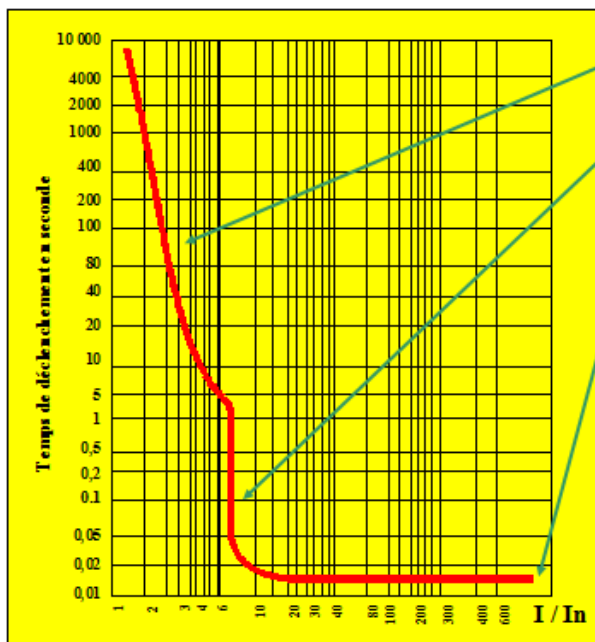
6: Pouvoir de coupure suivant la norme « industrielle » NFC 63-120

7: Référence commerciale

8: Symbole électrique suivant le nombre de pôles

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

■ Courbe de déclenchement

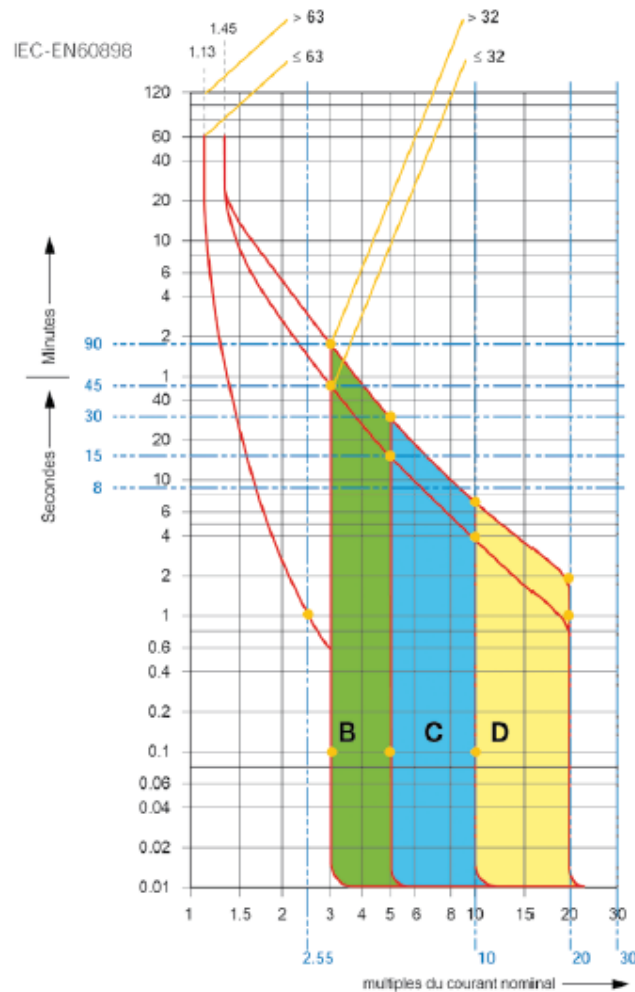


I_{rth} : Valeur de réglage du déclencheur thermique
 I_{rm} : Valeur de réglage du déclencheur magnétique
 I_{cu} : Pouvoir de coupure ultime

I : Courant permanent.

I_n : Courant nominal du dispositif de protection.

I_{cu} : Valeur maximale du courant d'emploi qu'un appareil est capable de couper dans des conditions d'emplois spécifiées sans subir de détérioration, ni donner lieu à des manifestations extérieures nuisibles. Son unité est le kA.



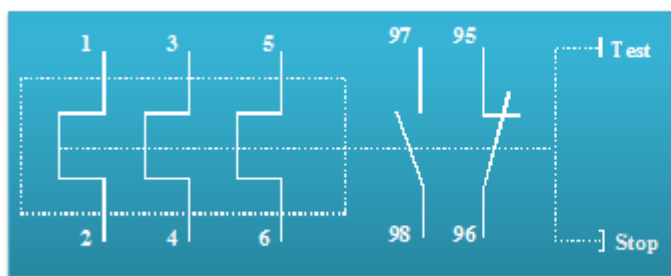
Par exemple, pour un disjoncteur 2A de courbe B, la zone de coupure magnétique se trouve entre 6A ($3 \cdot I_N$) et 10A (mais on ne sait pas où exactement). Ce qu'on sait c'est qu'il coupe quand le courant dépasse 10A et qu'il ne coupe pas quand le courant est inférieur à 6A.

1.5.2 Relais thermique

Le relais thermique est un appareil qui protège les moteurs électriques contre les surcharges. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur.

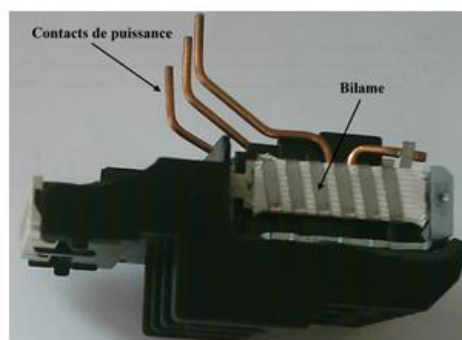
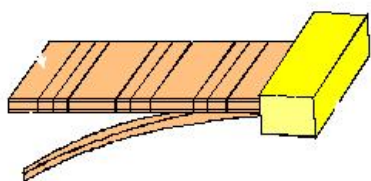
En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance mais il agit sur le contact de commande 95-96 d'où il ouvre le circuit de commande qui désexcite la bobine A1- A2 du contacteur KM et le courant traversant le récepteur est coupé.

Le relais thermique est représenté par la lettre **F** sur les schémas.



a) Fonctionnement :

Le relais thermique est constitué d'un bilame métallique (deux lames à coefficient de température différent). Le passage du courant, s'il est supérieur à la valeur de réglage du relais, provoque réchauffement et la déformation du bilame. Un contact électrique associé à ce bilame, déclenche le circuit de commande.

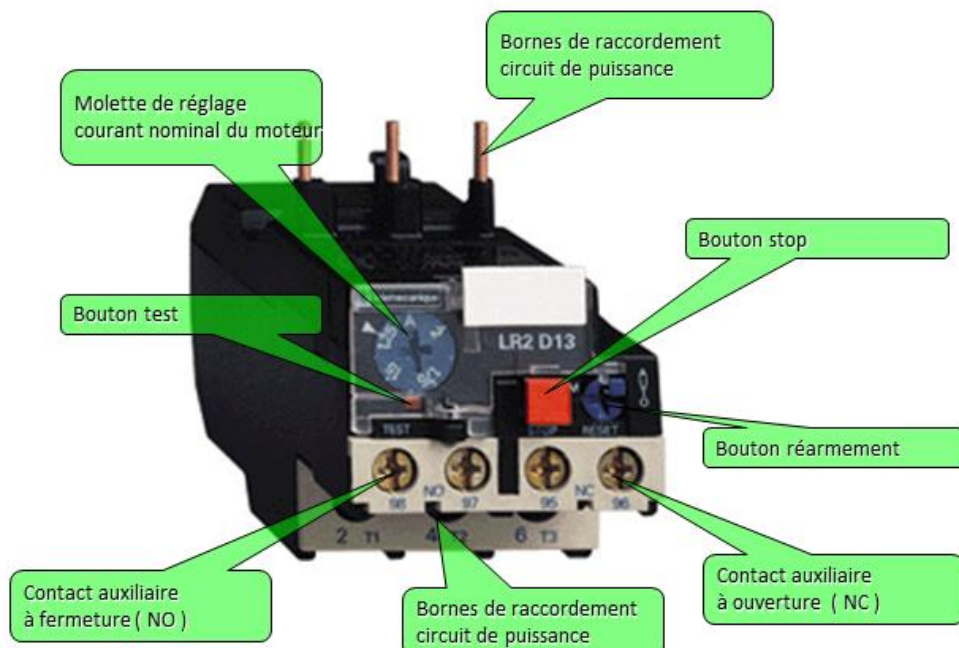


En cas de coupure de phase ou de déséquilibre sur les trois phases d'alimentation d'un moteur, le dispositif dit différentiel agit sur le système de déclenchement du relais thermique.

❖ 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.

b) Constitution du relais thermique :



Le circuit principal ou circuit de puissance est intégré entre le contacteur et le moteur. Il est constitué de :

3 contacts principaux (1/L1 - 2/T1, 3/L2 - 4/T2, 5/L3 - 6/T3)

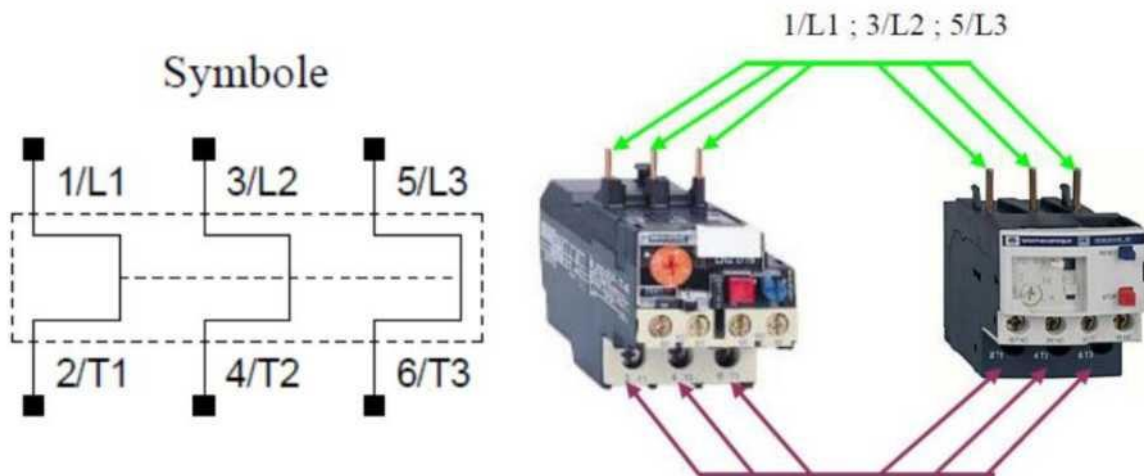


Figure: Le circuit de puissance du relais thermique

Le circuit de commande comprend deux contacts de commande Contact de commande

(NO/97-98 ; NC/95-96)

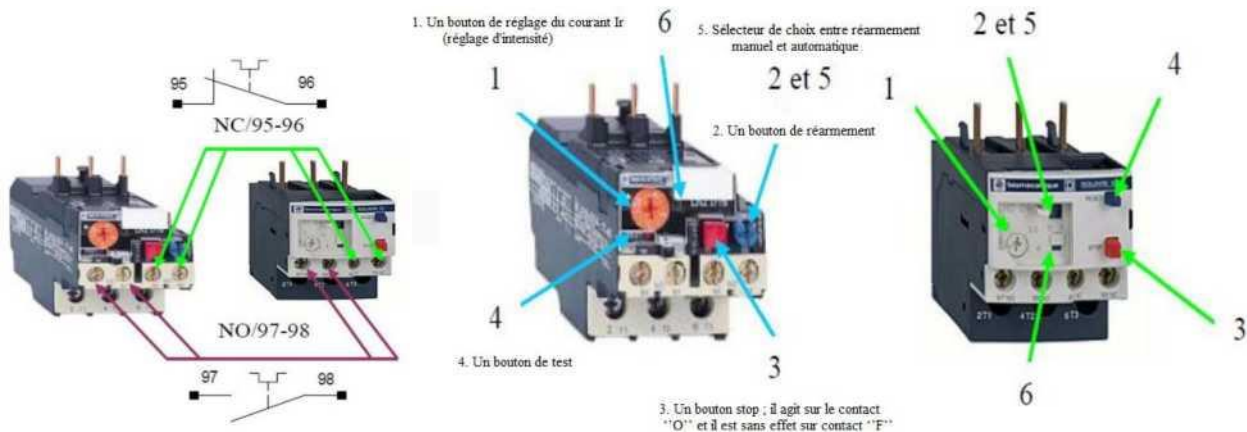


Figure: Le circuit de commande du relais thermique

/ Les contacts auxiliaires: Les déclencheurs thermiques font actionner deux contacts que l'un est à ouverture et l'autre est à fermeture. Le contact à ouverture coupe le courant d'excitation de la bobine du contacteur et ainsi sert à mettre le moteur hors service quand il est nécessaire. Le contact à fermeture peut être employé » pour différents buts.

J Bouton de réarmement: Le bouton de réarmement est employé en positions automatique et manuelle. En position automatique (A) quand les bilames sont refroidis, le relai met en service le contacteur automatiquement. En position manuelle(M), pour que le contacteur rentre en service, il faut pousser le bouton de réarmement après le refroidissement des bilames.

J Bouton de test : En poussant le bouton de test, on teste si le contacteur rentre ou sort du service.

J Bouton de stop: Bouton de stop est utilisé pour arrêter le moteur en cas d'urgence.

Le relais thermique peut être associé aux moteurs triphasé, monophasé et moteur à courant continu comme illustré au figure ci-dessous.

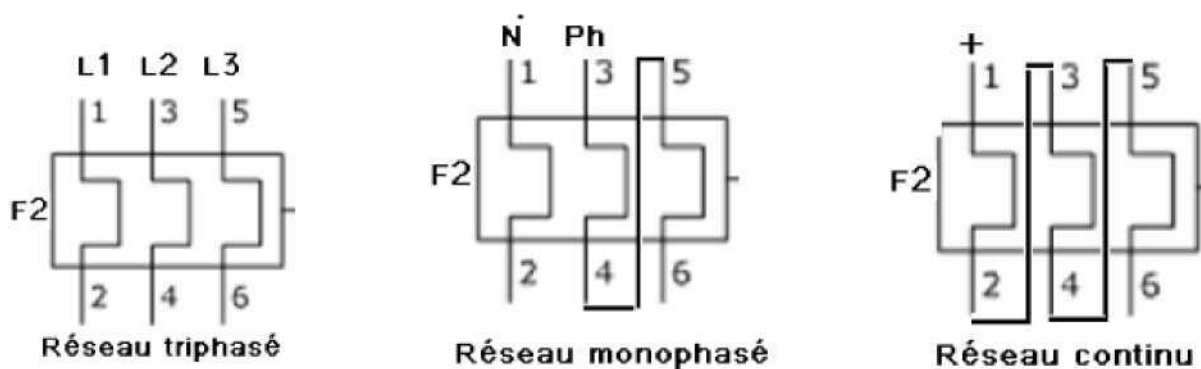
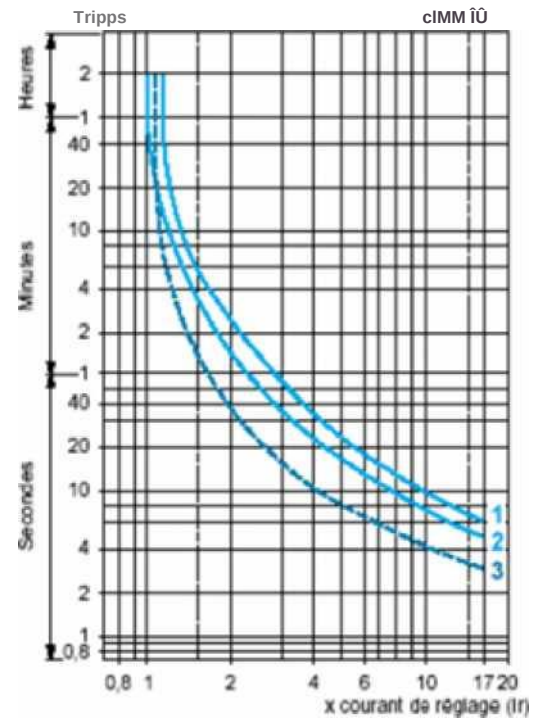
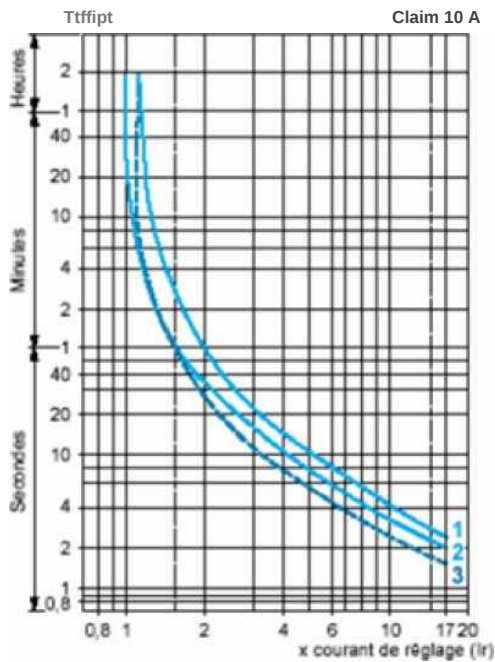


Figure: Schéma d'association du relais thermique avec moteurs triphasé, monophasé ou à CC

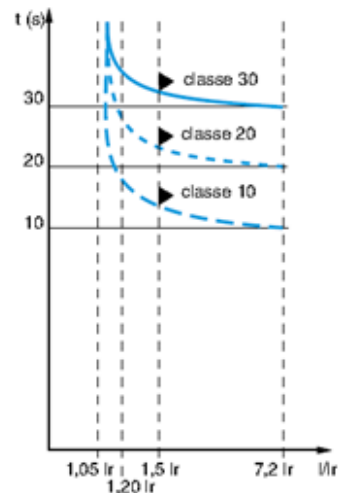


- 1 Fonctionnement équilibré, 3 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- 2 Fonctionnement sur les 2 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- 3 Fonctionnement équilibré 3 phases, après passage prolongé du courant de réglage (à chaud).

c) Critères de choix d'un relais thermique

- Tension d'emploi
- plage de réglage
- Courant d'emploi
- durée de démarrage (classe 10, 20 ou 30)
- L'intensité de réglage (I_r) qui doit être égale à l'intensité nominale (I_n) à lire sur la plaque signalétique du moteur.

classe	1,05 In	1,2 In	1,5 In	7,2 In
10 A	$t > 2 \text{ h}$	$t < 2 \text{ h}$	$t < 2 \text{ min.}$	$2 \leq t \leq 10 \text{ s}$
10	$t > 2 \text{ h}$	$t < 2 \text{ h}$	$t < 4 \text{ min.}$	$4 \leq t \leq 10 \text{ s}$
20	$t > 2 \text{ h}$	$t < 2 \text{ h}$	$t < 8 \text{ min.}$	$6 \leq t \leq 20 \text{ s}$
30	$t > 2 \text{ h}$	$t < 2 \text{ h}$	$t < 12 \text{ min.}$	$9 \leq t \leq 30 \text{ s}$



Exemple illustratif: Soit un moteur qui consomme un courant de 5A, choisir le relais thermique et le fusible adéquat ?

En se référant au catalogue du constructeur à la figure ci dessous

On pourra choisir pour un moteur consommant une intensité de 5A, soit un LRD10 en classe 10 A ou un LRD1510 en classe 20 suivant le temps de démarrage du moteur.

La plage de réglage étant de 4 à 6A sur chaque relais thermique.

Les relais thermiques seront à associer à des fusibles type aM (accompagnement Moteur) de calibre 8A ou un fusible gG 16A.

Le relais thermique sera réglé à In du moteur soit 5A

Relais de protection thermique différentiels

Relais à associer à des fusibles et aux disjoncteurs magnétiques GV2L ou GV3L :

- relais compensés à réarmement manuel ou automatique
- avec visualisation du déclenchement
- pour courant alternatif ou continu.

zone de réglage du relais (A)	fusibles à associer au relais choisi aM (A)	gG (A)	pour association avec contacteur LC1	références
classe 10 A (1) avec raccordement par vis-écrous				
0,10... 0,16	0,25	2	D09... D38	LRD01
0,16... 0,25	0,5	2	D09... D38	LRD02
0,25... 0,40	1	2	D09... D38	LRD03
0,40... 0,63	1	2	D09... D38	LRD04
0,63... 1	2	4	D09... D38	LRD05
1... 1,6	2	4	D09... D38	LRD06
1,6... 2,5	4	6	D09... D38	LRD07
2,5... 4	6	10	D09... D38	LRD08
4... 6	8	16	D09... D38	LRD10
6,3... 8	12	20	D09... D38	LRD12
7... 10	12	20	D09... D38	LRD14
9... 13	16	25	D12... D38	LRD16
12... 18	20	35	D18... D38	LRD21
16... 24	25	50	D25... D38	LRD22
23... 32	40	63	D25... D38	LRD32
30... 38	40	80	D32 et D38	LRD35
17... 25	25	50	D80 et D95	LRD3322
23... 32	40	63	D80 et D95	LRD3353
30... 40	40	100	D80 et D95	LRD3355
37... 50	63	100	D80 et D95	LRD3357
48... 65	63	100	D80 et D95	LRD3359
55... 70	80	125	D80 et D95	LRD3361
63... 80	80	125	D80 et D95	LRD3363
80... 104	100	160	D80 et D95	LRD3365
80... 104	125	200	D115 et D150	LRD4365
95... 120	125	200	D115 et D150	LRD4367
110... 140	160	250	D150	LRD4369
80... 104	100	160	(R)	LRD33656
95... 120	125	200	(R)	LRD33676
110... 140	160	250	(R)	LRD33696

zone de réglage du relais (A)	fusibles à associer au relais choisi aM (A)	gG (A)	pour association avec contacteur LC1	références
classe 20 (1) avec raccordement par vis-écrous				
2,5... 4	5	10	D09... D32	LRD1508
4... 6	8	16	D09... D32	LRD1510
6,3... 8	12	20	D09... D32	LRD1512
7... 10	16	20	D09... D32	LRD1514
9... 13	16	25	D12... D32	LRD1516
12... 18	25	35	D18... D32	LRD1521
17... 25	32	50	D25 et D32	LRD1522
23... 28	40	63	D25 et D32	LRD1530
25... 32	40	63	D25 et D32	LRD1532
17... 25	32	50	D80 et D95	LRD203522
23... 32	40	63	D80 et D95	LRD203553
30... 40	50	100	D80 et D95	LRD203555
37... 50	63	100	D80 et D95	LRD203557
48... 65	80	125	D80 et D95	LRD203559
55... 70	100	125	D80 et D95	LRD203561
63... 80	100	160	D80 et D95	LRD203563



(a) Le choix du relais thermique dans la classe 10

LRD10

(b) Le choix du relais thermique dans la classe 20

LRD1510

Figure: Gamme standardisé des relais thermiques

1.6 Protéger les personnes: Disjoncteur différentiel – Interrupteur différentiel – Relais différentiel “Vigirex”

Disjoncteur différentiel



Interrupteur différentiel



Différence ?

A/ Disjoncteur & Interrupteur différentiel

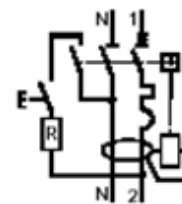
▪ Définition

Les disjoncteurs différentiels protègent les circuits des surcharges et des court-circuits mais également les personnes des risques d'électrisation.

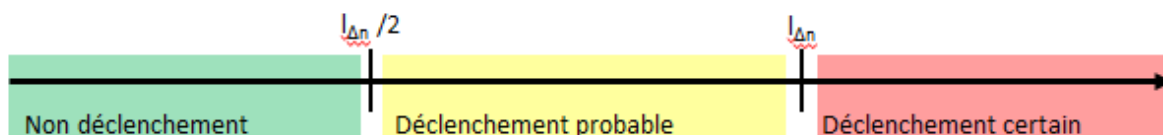
La sensibilité correspond au seuil de déclenchement (c'est-à-dire de coupure) en cas de fuite de courant (appelé courant résiduel)



BP Test de la protection différentielle



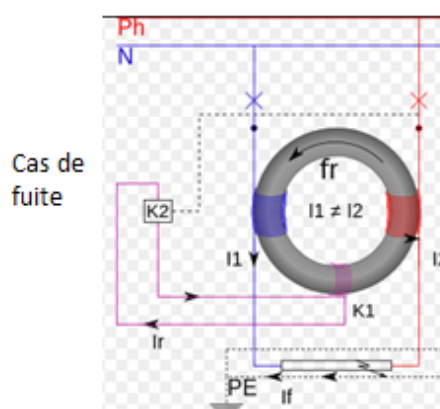
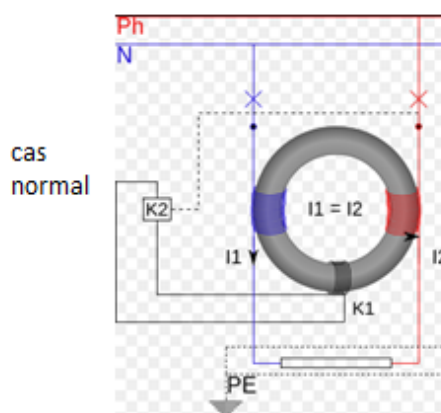
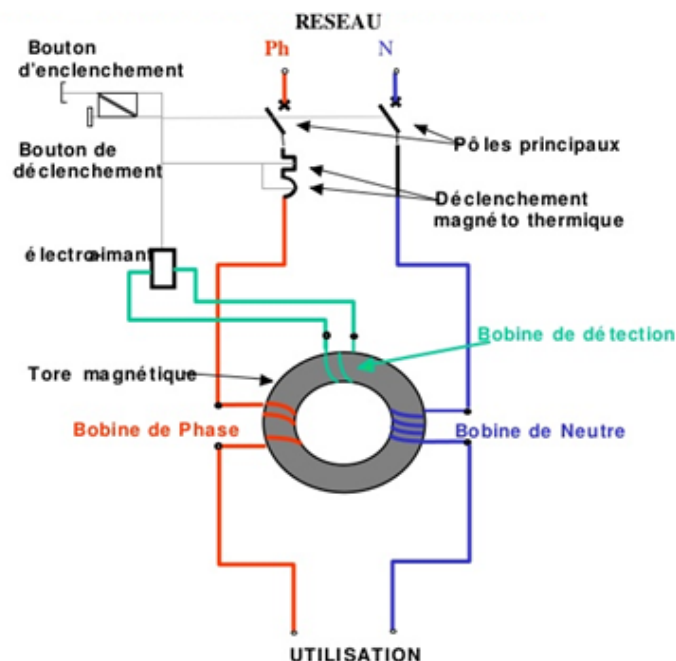
- $I_{\Delta n}$ est appelé la sensibilité du différentiel.
- Les valeurs de sensibilité standards sont: 30 mA ; 100 mA; 500 mA ; 1 A
- Ses plages de fonctionnement sont:



Principe de fonctionnement

Le dispositif différentiel (disjoncteur & interrupteur) est basé sur le principe suivant :

- Dans une installation normale, le courant électrique qui arrive par un conducteur doit ressortir par un autre.
- 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 domestiques selon la norme électrique française NFC 15-100), notée $I_{\Delta n}$.



- Si les courants I_1 et I_2 sont différents du fait de la présence d'un courant de fuite I_f , un courant prend naissance dans l'enroulement K_1 qui, en alimentant le relais K_2 (normalement fermé par accrochage mécanique lors de l'armement) provoque la coupure de l'alimentation.
- Le relais K_2 restera dans cet état jusqu'au prochain réarmement, lequel ne sera possible que si le courant de défaut I_f a disparu, c'est-à-dire si le défaut d'isolement l'occasionnant a été trouvé et réparé.

Classe du disjoncteur différentiel

Il existe plusieurs classes (ou types) de dispositifs différentiels (disjoncteur & interrupteur) :

- les dispositifs de **classe AC** permettent de se protéger du contact avec les courants de défaut à composante alternative. On l'utilise pour protéger la plupart des circuits, sauf les spécialisés tels que, par exemple, la plaque de cuisson à induction et le lave-linge ;
- les dispositifs de **classe A** sont prévus pour les circuits dédiés, cuisinières, plaques de cuisson à induction, lave-linge, dont le fonctionnement peut produire des courants résiduels comportant une composante continue. La sécurité des personnes reste assurée, le risque de déclenchement injustifié reste limité. Les dispositifs différentiels de classe AC ne se déclenchent parfois pas sur ce type de courant de défaut. Dans le secteur tertiaire, ce type de dispositif (interrupteur différentiel ou disjoncteur différentiel) est obligatoire sur les circuits ou les matériels de classe 1 qui sont susceptibles de produire le type de phénomène décrit ci-dessus ;
- les dispositifs de **classe HI** (également appelés Hpi ou Si suivant les fabricants). Ce type de dispositif différentiel bénéficie d'une immunisation complémentaire contre les déclenchements intempestifs. Ils sont aussi recommandés, généralement dans le secteur tertiaire, pour les circuits nécessitant une continuité du service, tels que des congélateurs, les circuits informatiques, les appareils hospitaliers, etc.

■ Différences entre disjoncteur différentiels et interrupteur différentiels

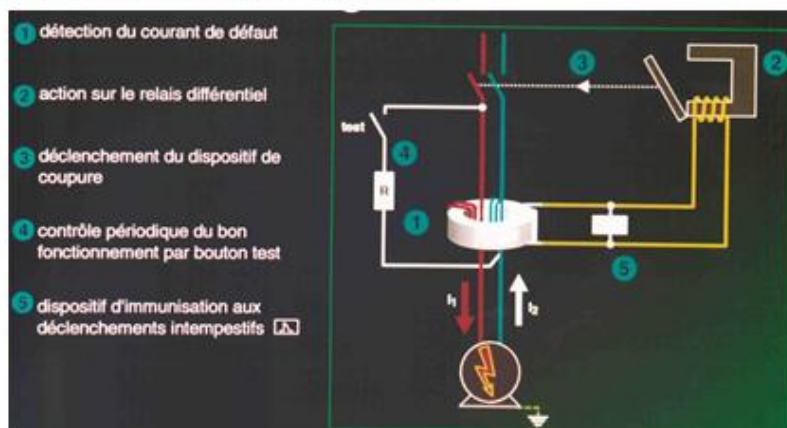
- Dans le langage courant, et notamment lorsque l'on parle de l'équipement d'un tableau de répartition électrique, les disjoncteurs différentiels sont simplement appelés « différentiels », alors que le terme « disjoncteur » est réservé aux disjoncteurs électromagnétiques. Il en résulte alors une confusion possible entre le disjoncteur différentiel et l'interrupteur différentiel. L'interrupteur différentiel réalise la fonction décrite ci-dessus, mais n'a pas de détection des surintensités (il ne protège donc pas des surcharges) et il est de ce fait moins onéreux.
- Dans un tableau de distribution, il est possible, afin de minimiser les coûts, de réaliser la protection différentielle d'un groupe de circuits par un interrupteur différentiel plutôt que par un disjoncteur différentiel, à condition que la protection de surintensité soit assurée en aval, par exemple par des fusibles ou des disjoncteurs placés sur chaque départ. Le calibre de courant maximum de l'interrupteur différentiel sera toujours choisi comme étant supérieur à la somme des calibres des fusibles ou disjoncteurs qu'il dessert.

B/ Relais différentiel à Tore séparé "Vigirex"

Principe de fonctionnement

Le relais différentiel à Tore séparé "Vigirex" provoque l'ouverture de l'appareil associé (disjoncteur, contacteur...) lorsqu'il détecte un courant différentiel au moins égal au seuil de sensibilité $I_{\Delta n}$ affiché et après la temporisation sélectionnée.

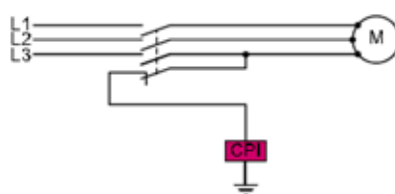
Cette protection généralement associée à un départ moteur est limitative, car elle provoque l'arrêt du moteur sans détérioration ou en limitant les dégâts, et de sécurité car elle évite les risques pour les personnes et les biens autres que le moteur.



C/ Vigilohtm: protection préventive

Ex: Contrôleur permanent d'isolement IM9 (Schneider)

- L'organe de commande ou de protection d'un circuit moteur étant ouvert, le contrôleur d'isolement Vigilohtm IM9 injecte une tension continue de sécurité qui contrôle l'isolement par rapport à la terre de l'ensemble réseau-stator du moteur situé en aval du disjoncteur et crée un mini neutre isolé IT permettant de détecter et mesurer en permanence son niveau d'isolement.
- En cas de détection d'un défaut le Vigilohtm IM9 interdit la fermeture de l'appareil associé (disjoncteur, contacteur...).
- La protection est alors préventive car elle signale le défaut avant que celui-ci n'ait entraîné un quelconque dégât.



En règle générale, les moteurs possèdent des caractéristiques d'isolement typiques :

- moteur neuf : 1000 MΩ
- en fonctionnement : 10 à 100 MΩ
- valeur mini d'exploitation : 500 kΩ

1.7 Exemple d'application : Protection des départ moteurs BT

a) Fonctions des départs moteurs et composants de puissance

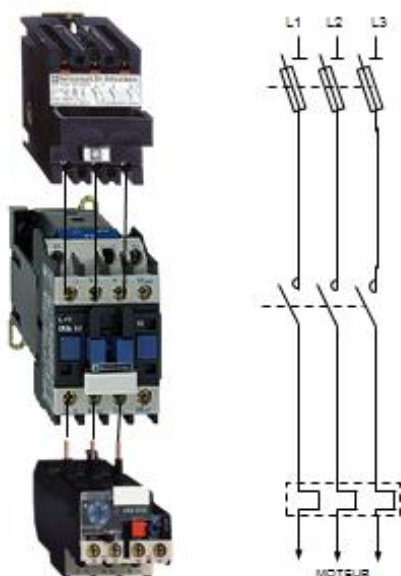
Un départ moteur comprend 5 fonctions de base:

- Sectionnement
- Interruption
- Protection contre les courts-circuits
- Protection contre les surcharges
- Commutation

Fonction	But	Types d'appareils assurant la fonction	Symbole général
Sectionnement	Isoler les circuits de leur source d'énergie	Sectionneurs	
		Interrupteurs sectionneurs	
		Disjoncteurs	
Interruption	Interrompre l'alimentation électrique en pleine charge	Interrupteurs	
		Interrupteurs sectionneurs	
		Disjoncteurs	
Protection contre les courts-circuits	Détecter les courts-circuits et interrompre le circuit concerné	Fusibles	
		Disjoncteurs moteurs (magnétiques et magnétothermiques)	
		Relais magnétiques	
Protection contre les surcharges	Détecter les surcharges du moteur et interrompre le circuit	Relais thermiques	
		Disjoncteurs moteurs (magnétothermiques)	
Commutation	Établir et couper le circuit d'alimentation du moteur	Contacteurs (ils possèdent également la fonction interruption)	

b) Modèles de schéma de protection des moteurs BT

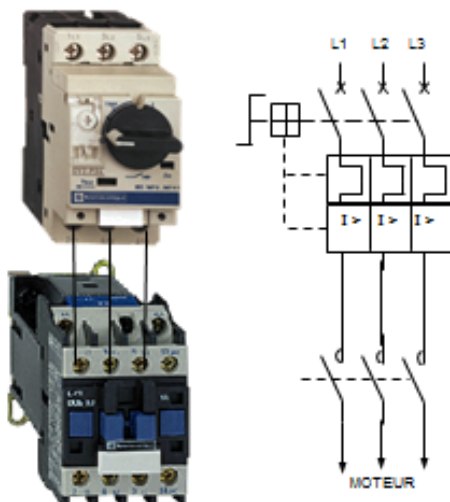
SOLUTION 1



Composant	Fonction
Sectionneur porte fusibles	Sectionnement + Protection contre les courts-circuits
Contacteur	Commutation + Interruption
Relais de protection thermique	Protection contre les surcharges

SOLUTION 2

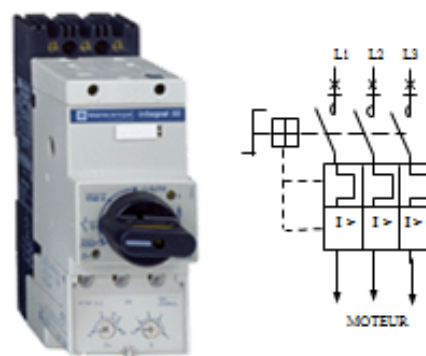
Disjoncteur moteur magnéto-thermique + Contacteur



Le disjoncteur moteur magnéto-thermique assure 4 fonctions :
sectionnement + interruption + protection contre les courts-circuits + protection contre les surcharges

SOLUTION 3

« Combiné » ou « Intégral »



un contacteur disjoncteur « intégral » assure les 5 fonctions.

1.8 Les composants de signalisation

a) Les lampes

La lampe témoin sert à indiquer l'état d'un composant dans un système de commande. Elle existe dans une gamme de couleurs très variées, la couleur du témoin lumineux étant normalement associée avec la tâche à effectuer.

La lampe témoin peut fonctionner à différentes tensions comprises entre 6 volts et 400 volts, autant en courant alternatif qu'en courant continu. Les modèles à basse tension utilisent une diode électroluminescente (LED).

Les LED offrent les avantages suivants : elles prennent une surface plus restreinte, ont une durée de vie importante, consomment peu d'énergie et offrent un coût d'entretien plus faible que les modèles de type néon ou à incandescence. Un module abaisseur de tension permet à la lampe témoin de fonctionner à une tension inférieure à celle du circuit de commande.



Il existe un autre type de lampe de signalisation que l'on rencontre dans l'industrie: la colonne lumineuse. C'est un élément de signalisation optique utilisé plus particulièrement pour visualiser sur 360 degrés et de loin les différentes séquences d'un processus. La colonne lumineuse se fixe à un endroit très visible pour permettre d'informer le plus grand nombre de personnes.



b) La signalisation sonore

Un deuxième type d'éléments de signalisation est souvent rencontré. Il s'agit des avertisseurs sonores (type sirènes) et des sonneries.

Voici le symbole d'un avertisseur sonore:



Voici un exemple de sonnerie et son symbole:



Chapitre II

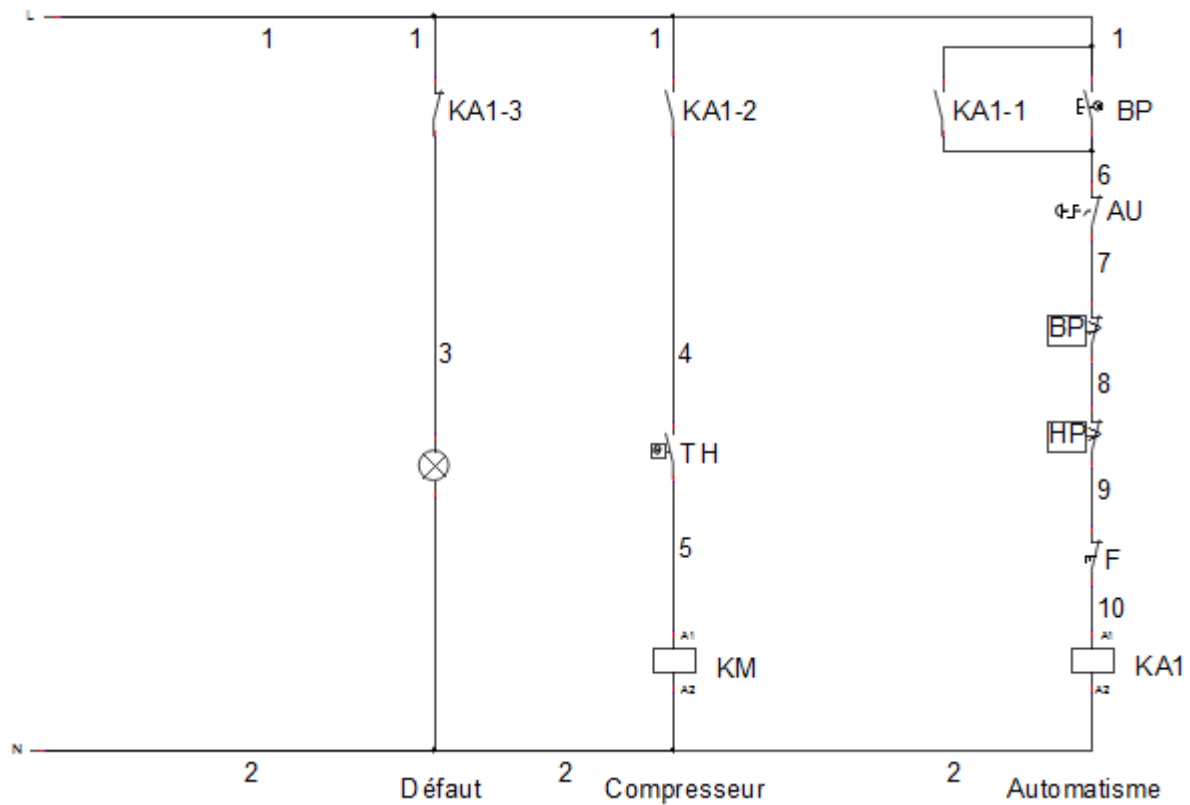
Schémas électriques

2. Lecture et interprétation des Schémas électriques.

2.1 Lecture d'un schéma électrique

Les schémas électriques sont toujours représentés hors tension c'est-à-dire au repos.
Tous les thermostats et les pressostats utilisés sont représentés "ouverts" si leur fonction est une fonction de régulation et " fermés " si leur fonction est une fonction de sécurité.
Le déplacement des contacts s'effectue toujours de gauche à droite ou de bas en haut.
Chaque matériel a son symbole, mais quelques fois le symbole d'un matériel sera composé de plusieurs éléments.

Exemple de schéma:



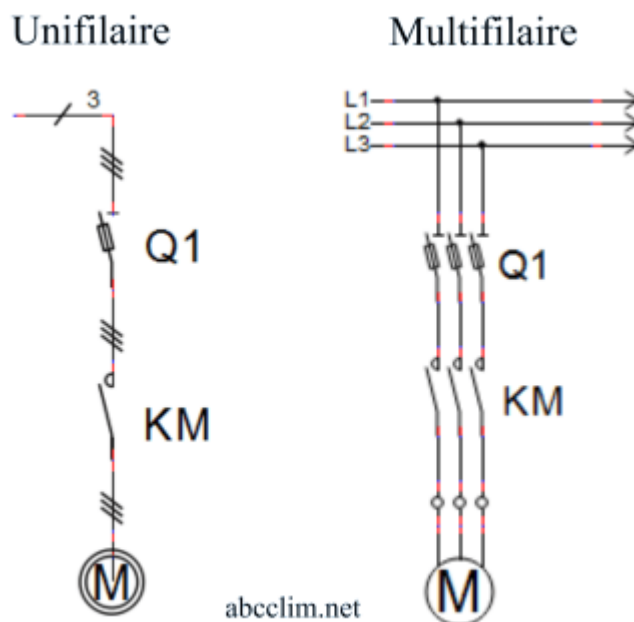
a) Comment lire un schéma électrique ?

Tout comme l'apprentissage de l'alphabet nous a permis de maitriser le langage et l'écriture, la connaissance des symboles électriques et de leurs fonctions, l'identification des éléments nous aidera a analyser et comprendre un schéma électrique.

Un schéma électrique représente sous formes graphiques un circuit électrique . Il montre les différents symboles des éléments le composant ainsi que les interconnexions entre les éléments du circuit. Des lignes droites représentent les fils électriques.

▪ Schéma électrique unifilaire

Un trait représente l'ensemble des conducteurs qui relie les divers composants, c'est un schéma simple qui donne une idée générale du fonctionnement de l'installation.



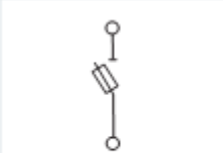
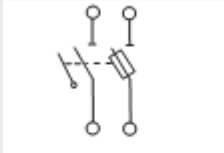
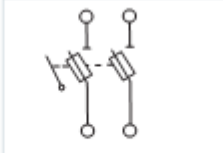
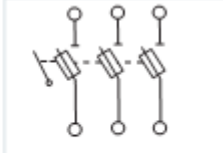
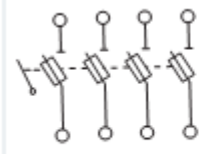
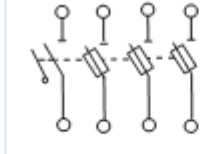
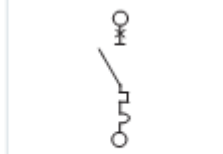
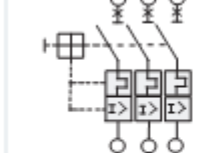
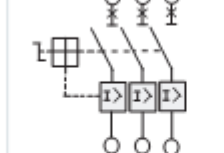
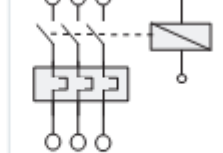
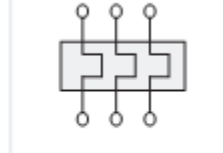
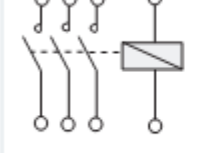
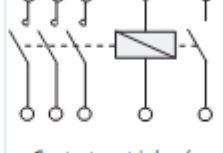
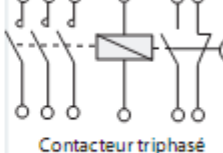
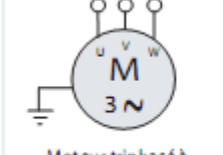
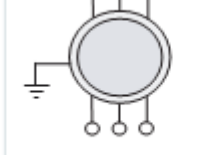
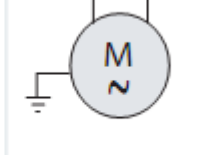
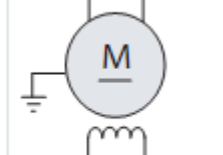
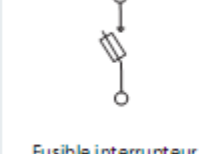
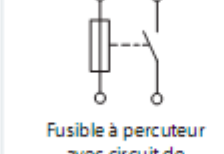
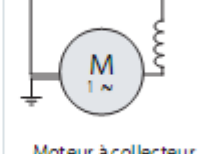
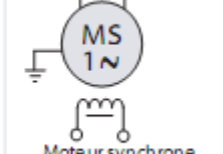
▪ Schéma multifilaire

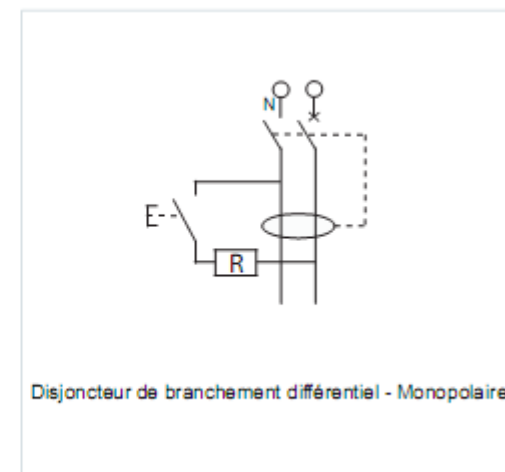
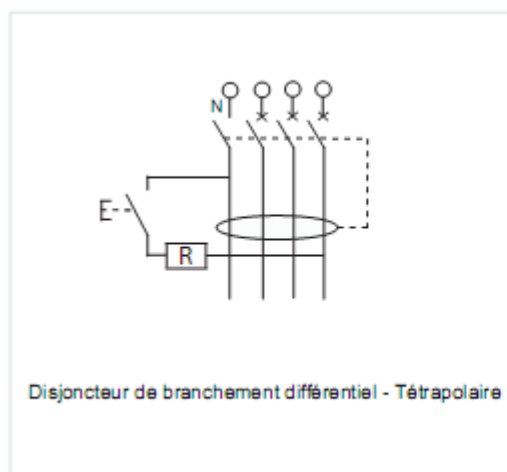
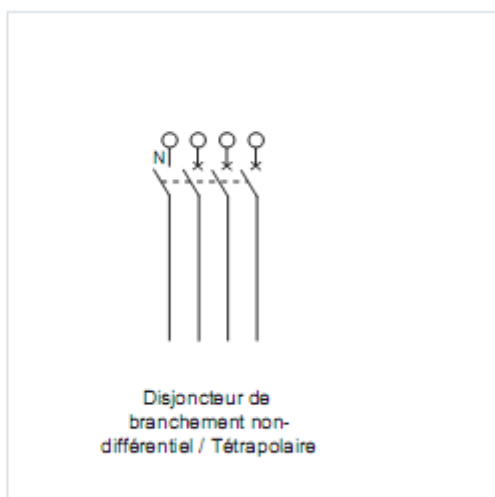
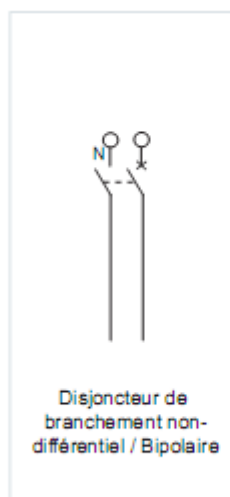
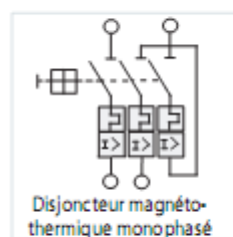
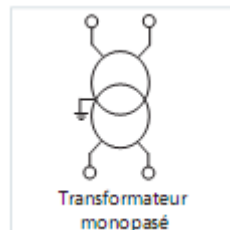
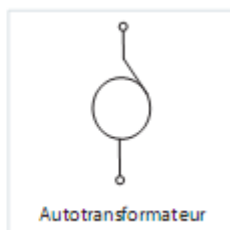
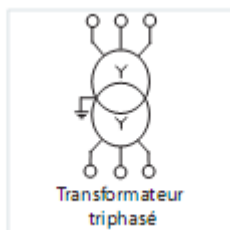
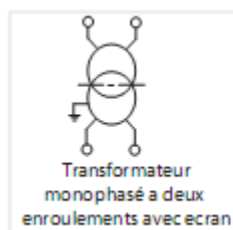
Le schéma électrique multifilaire représente tous les conducteurs, ce qui permet une interprétation et une analyse claire des schémas de puissance et de commande.

b) Les symboles électriques

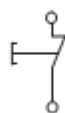
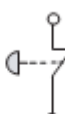
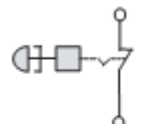
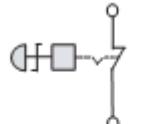
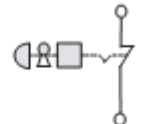
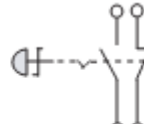
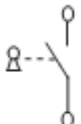
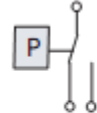
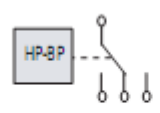
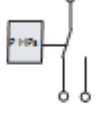
Les représentations graphiques que sont les symboles sont nombreuses et spécifiques a chaque élément d'un circuit électrique. Donc, difficile de les affichés tous ici, voir notre bibliothèques de symboles suivantes:

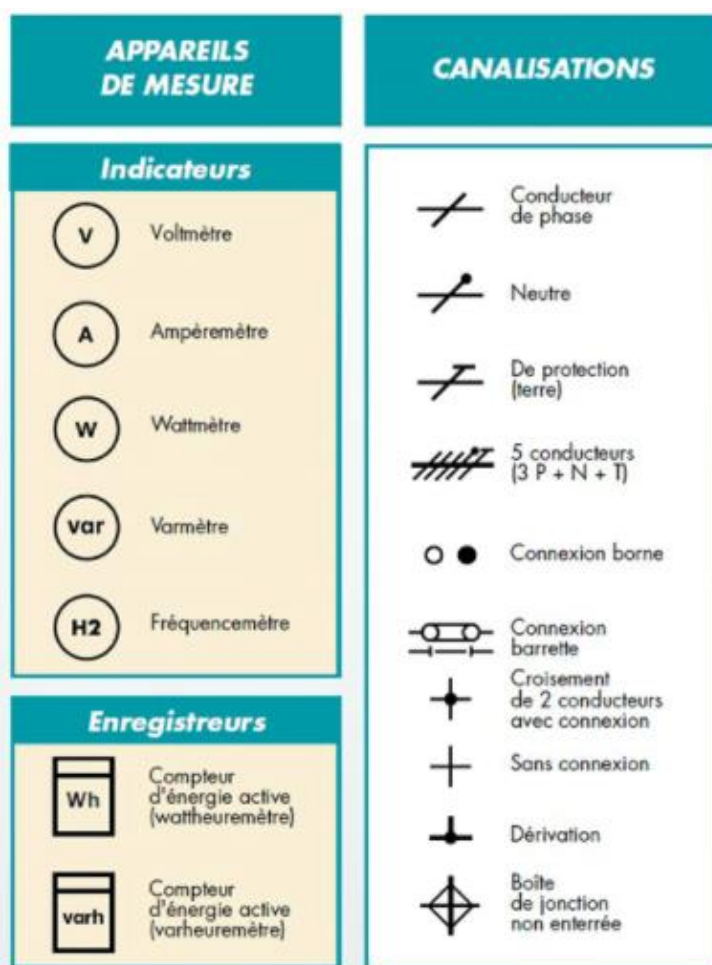
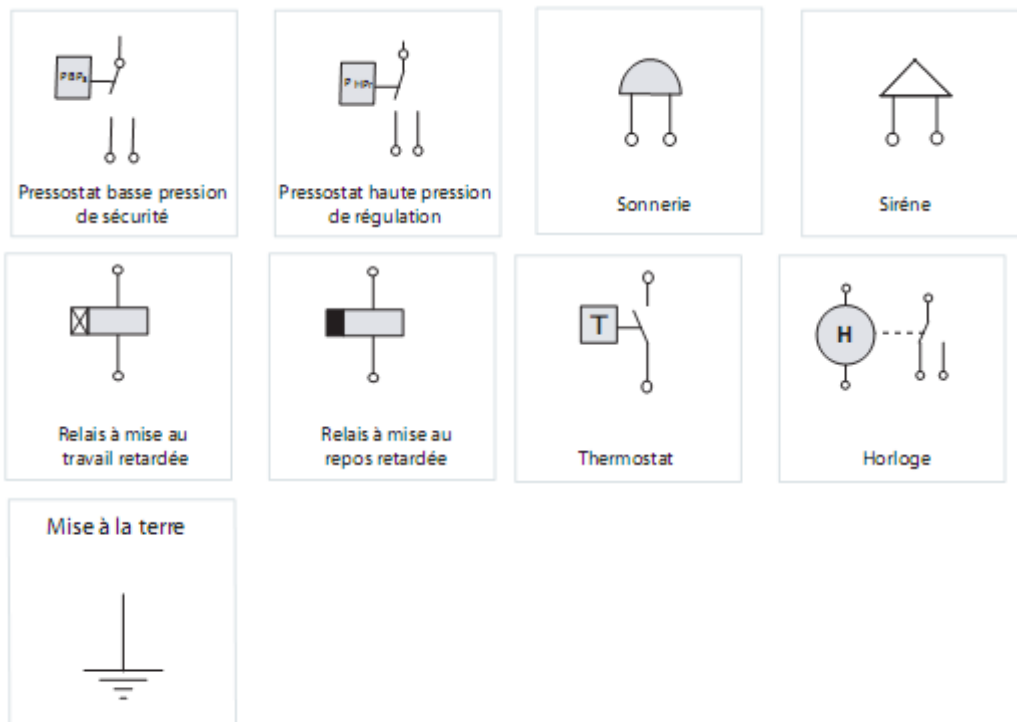
Symboles de puissance

			
Sectionneur porte fusible unipolaire	Sectionneur porte fusible unipolaire + neutre	Sectionneur porte fusible bipolaire	Sectionneur porte fusible tripolaire
			
Sectionneur porte fusible tétrapolaire	Sectionneur porte fusible tripolaire + neutre	Disjoncteur unipolaire	Disjoncteur unipolaire + neutre
			
Disjoncteur magnétothermique	Disjoncteur magnétique	Bloc contacteur relais thermique	Relais thermique
			
Contacteur triphasé	Contacteur triphasé + contact auxiliaire NC	Contacteur triphasé + contact auxiliaire NC	Contacteur triphasé + bloc temporisé NO+NC
			
Moteur triphasé à cage d'écureuille	Moteur triphasé à rotor bobiné	Moteur monophasé	Moteur à courant continu
			
Fusible interrupteur porte fusible	Fusible à percuteur avec circuit de signalisation	Moteur à collecteur monophasé série	Moteur synchrone monophasé



Symboles de commande

			
Bouton Poussoir NO	Bouton poussoir NC	Bouton rotatif	Protection NC thermique
			
Protection NO thermique	Interrupteur NO par poussoir "coup de poing"	Interrupteur NC par poussoir "coup de poing"	lampe ou leds
			
Arrêt d'urgence à verrouillage brusque. Tirer pour déverrouiller NC	Arrêt d'urgence à verrouillage brusque. Tourner pour déverrouiller NC	Arrêt d'urgence à verrouillage brusque. Déverrouillage à clé NC	Arrêt d'urgence. Tourner pour déverrouiller. NC+NO
			
Contact NO à commande par clé	Contact deux positions avec position médiane d'ouverture	Contact deux positions	Contact NO à commande par levier
			
Contact NO à commande par proximité	Contact NO de fin de course	Contact NC de fin de course	Contact NO à commande par comptage
			
Pressostat	Pressostat HP-BP	Pressostat haute pression de sécurité	Pressostat basse pression de régulation



2.2 Repérage et identification des éléments dans un schéma électrique:

Pour concevoir un schéma ou un plan électrique, il ne faut pas connaître uniquement les symboles électriques.

Il y a dans un premier temps un lexique.

Le premier terme à connaître, c'est celui d'élément. Dans un schéma électrique chaque appareil est appelé élément. Cet élément, c'est un bloc qui possède des bornes marquées. Il ne peut pas être démonté.

Par exemple, un disjoncteur est un élément d'un schéma électrique.

Ensuite, il y a aussi tout un ensemble de repères qui permettent d'identifier les éléments d'un schéma électrique avec des lettres et des chiffres.

- Les lettres sont au format majuscule, de A à Z.
- Les chiffres au format décimal: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

Effectivement, certains éléments sont présents plusieurs fois. Il faut donc pouvoir les repérer de façon unique afin de pouvoir y faire référence facilement.

Les repérages permettent aussi de lire plus facilement un schéma, et c'est une notation complémentaire qui permet de rendre le plan électrique lisible par tous.

a) Identification des éléments d'un circuit électrique:

L'identifiant d'un élément, c'est son « nom de code ».

On identifie un élément à l'aide de trois codes qui se mettent bout à bout pour donner un repère unique qui sert à l'identification de cet élément.

Ce repère est constitué:

1. D'un premier repère pour **la sorte de l'élément** qui permet d'identifier sa nature.
2. D'un second repère qui donne la **fonction de l'élément**.
3. Enfin d'un dernier repère qui indique **le numéro de l'élément**.

Tableau répertoriant les lettres d'identifications les plus utilisées en froid et climatisation.

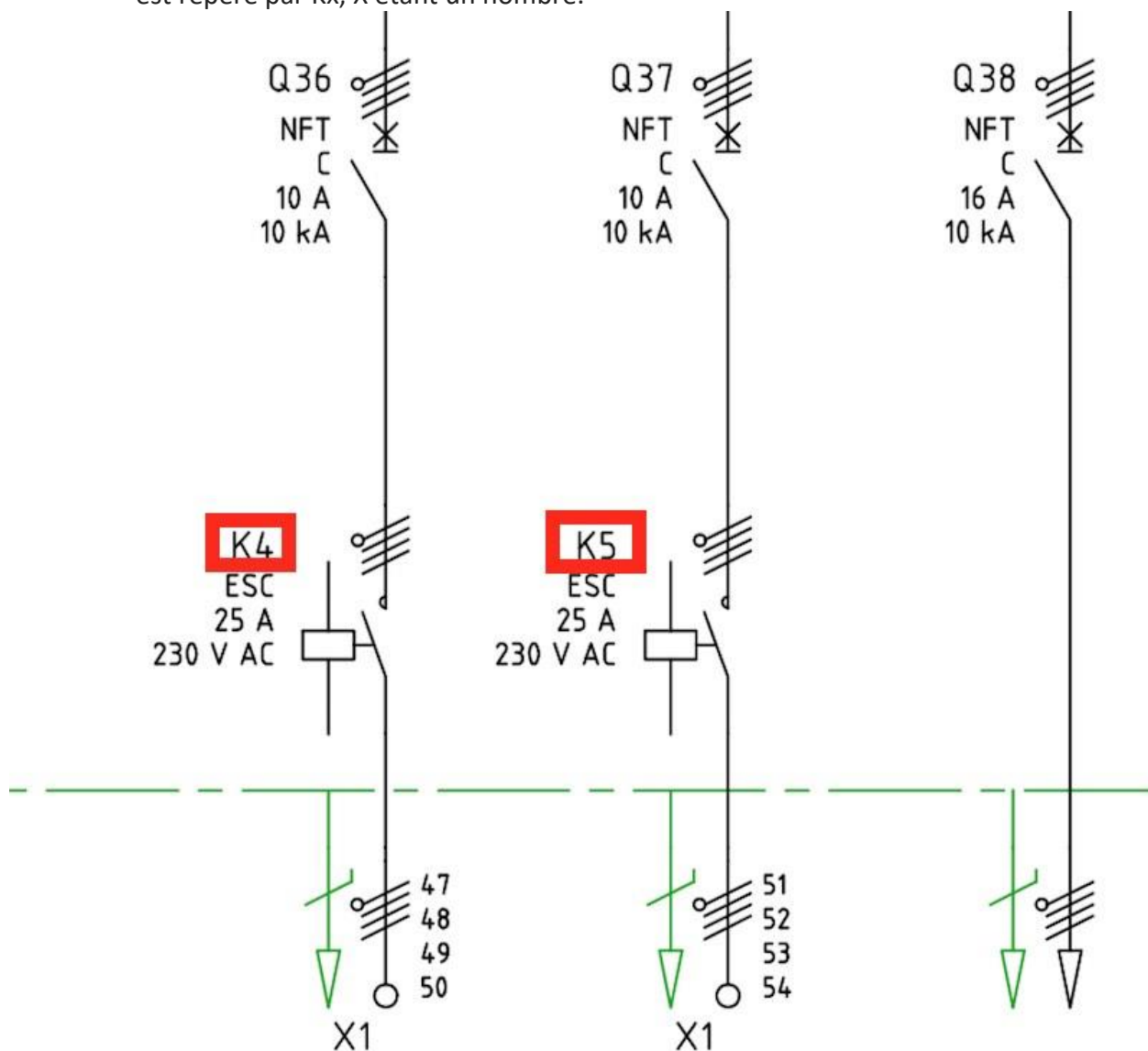
Repères	Eléments	Exemples
B	Transducteur	Pressostats
C	Condensateur	Démarrage ou permanent
F	Protection	Coupe-circuit, protection thermique
G	Générateur	Alimentation, batterie
H	Signalisation	Buzzer, voyant
K	Relais,contacteur	
KA	Relais automatisme	Temporisé, relais divers
KM	Contacteur principaux	Contacteur de puissance
M	Moteur	Tous types de moteur
P	Appareil mesure	Compteur, horloge
Q	Protection	Sectionneur, disjoncteur
R	Résistance	Potentiomètre,rhéostat
S	Appareil de commande	Interrupteur, thermostat, pressostat
T	Transformateur	
TH	Thermostat	
U	Convertisseur	Onduleurs
X	Bornier	
Y	Vanne électrique	Vanne 3 voies, électrovanne

b) Identification de la sorte d'un élément d'un schéma électrique :

Voici les lettres repères qui permettent d'identifier **les sortes de symboles** sur un schéma électrique.

- F: lettre utilisée pour les dispositifs de protection, comme les parafoudres, les coupes-circuit.

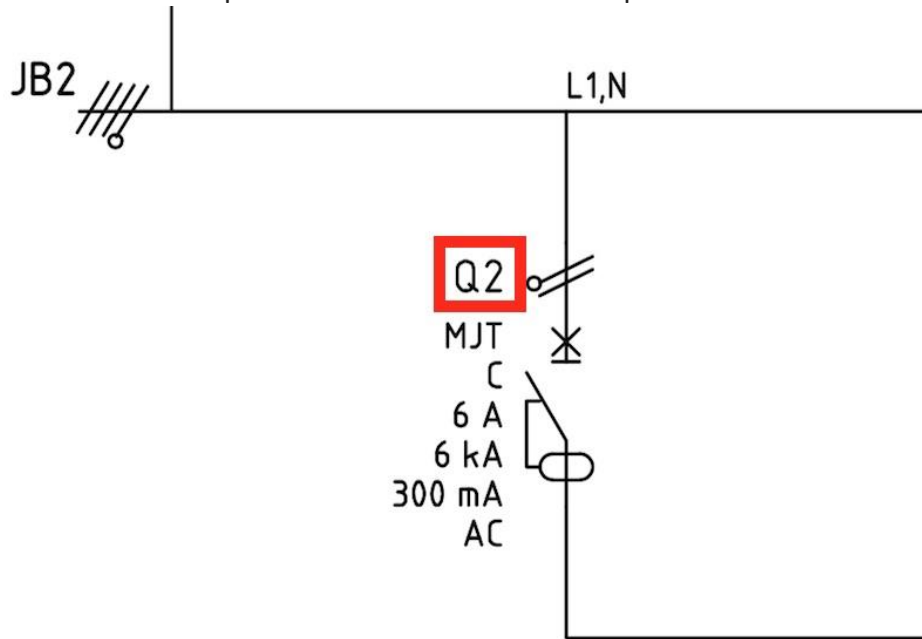
- G: Pour les générateurs (batteries, alternateurs ou encore génératrice).
- H: Cette lettre permet d'identifier les dispositifs de signalisation sur un schéma électrique. Il s'agit de voyants lumineux ou sonores.
- K: C'est la lettre utilisée comme repère pour les relais ou les contacteurs. C'est le cas par exemple pour le **contacteur jour nuit** dans une installation électrique, qui est repéré par Kx, X étant un nombre.



c) Identification de deux contacteurs tétrapolaires sur un schéma électrique unifilaire

- L: lettre utilisée pour représenter une inductance. C'est le cas d'une bobine par exemple.
- M: C'est la lettre pour le symbole du moteur.
- P: Pour les appareils de mesure (indicateur ou enregistreur).

- Q: Cette lettre est utilisée pour les appareils mécaniques de connexion pour les circuits de puissance. Le Q est la lettre pour repérer les disjoncteurs d'un schéma électrique unifilaire. C'est aussi le cas pour un sectionneur.



Q, lettre pour le disjoncteur sur un schéma électrique

- R: Lettre pour identifier une résistance sur un schéma (comme un potentiomètre par exemple).
- S: Pour les appareils mécaniques de connexion des circuits électriques de commande. Il s'agit par exemple de bouton poussoir.
- T: Identifie les transformateurs.
- X: Cette lettre sert à identifier les bornes et fiches sur un schéma électrique.

d) Repère de la fonction d'un élément de schéma électrique:

La première lettre, la sorte de l'élément est parfois suivie d'une autre lettre qui indique la fonction de l'élément. Ces lettres sont rarement utilisées en électricité résidentielle, mais plutôt dans le milieu industriel.

Cette fonction permet d'expliquer le fonctionnement et le rôle de l'élément dans le circuit électrique.

Voici quelques fonctionnalités associées de leur lettre :

Automatique :	Auto
Manuel	M
Arrière	AR
Avant	AV
Bas	BA
Haut	HA
Gauche	GA
Droite	DR
Montée	MO
Descente	DE
Fermeture	FE
Ouverture	OU
Marche	MA
Arrêt	AT
En service	ES
Hors service	HS
Petite vitesse	PV
Grande vitesse	GV
Freinage	FR
Incrément	INC
Décrément	DEC
Intensité	I
Tension	U
Puissance	P
Courant Alternatif	CA
Courant Continu	CC
Couplage étoile	Y
Couplage triangle	D

e) Numérotation des éléments et symboles électriques :

Enfin dans un schéma électrique, il y a souvent plusieurs éléments de même sorte et de même fonction.

Par exemple, dans un tableau électrique, il y a plusieurs disjoncteurs.

Il faut donc, pour les repérer et les identifier, leur donner un numéro. C'est la troisième partie du code d'identification.

Exemple d'identification d'éléments dans un schéma électrique:

Comme indiqué précédemment, l'association de ces trois codes d'identification permet d'identifier chaque symbole sur un plan ou un schéma électrique.

Il faut préciser que les trois codes ne sont pas obligatoirement présents. Seul le premier est indispensable puisqu'il permet d'indiquer la sorte de l'élément désigné.

Parfois, la fonction de l'élément n'est pas indiquée.

Voici quelques exemples:

- MCC1 Moteur à courant continu numéro 1.
- Q1: Protection modulaire n°1 (par exemple disjoncteur).
- KA2: Contacteur auxiliaire 2.

f) Marquage des bornes dans un schéma électrique:

Le câblage de certains montages, comme le [va et vient électrique](#), se fait assez simplement vu le nombre de bornes à raccorder.

Mais la complexité d'un schéma électrique est telle qu'il faut parfois marquer les bornes pour pouvoir se repérer au moment du câblage.

C'est le cas en industriel quand il faut raccorder les différentes alimentations électriques.

Pour cela, on utilise des nombres.

Marquage des bornes d'un élément simple:

Pour un élément simple, ces nombres sont utilisés une seule fois et se suivent successivement par ordre croissant.

Les contacteurs, sectionneurs, les bornes sont repérés: 1 à 6 tripolaires

1 à 8 en tétrapolaires

Les contacts auxiliaires sont repérés par deux chiffres, le chiffre des dizaines indique le numéro du contact de l'auxiliaire, le chiffre des unités est le plus important, car il indique la fonction du contact: 1 et 2 : contact à ouverture "O"

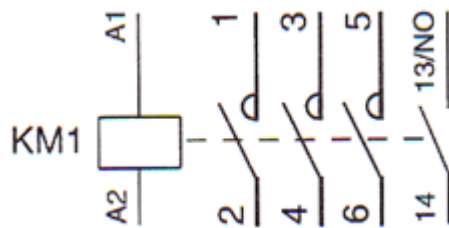
3 et 4 : contact à fermeture "F"

5 et 6 : contact à ouverture, contact temporisé

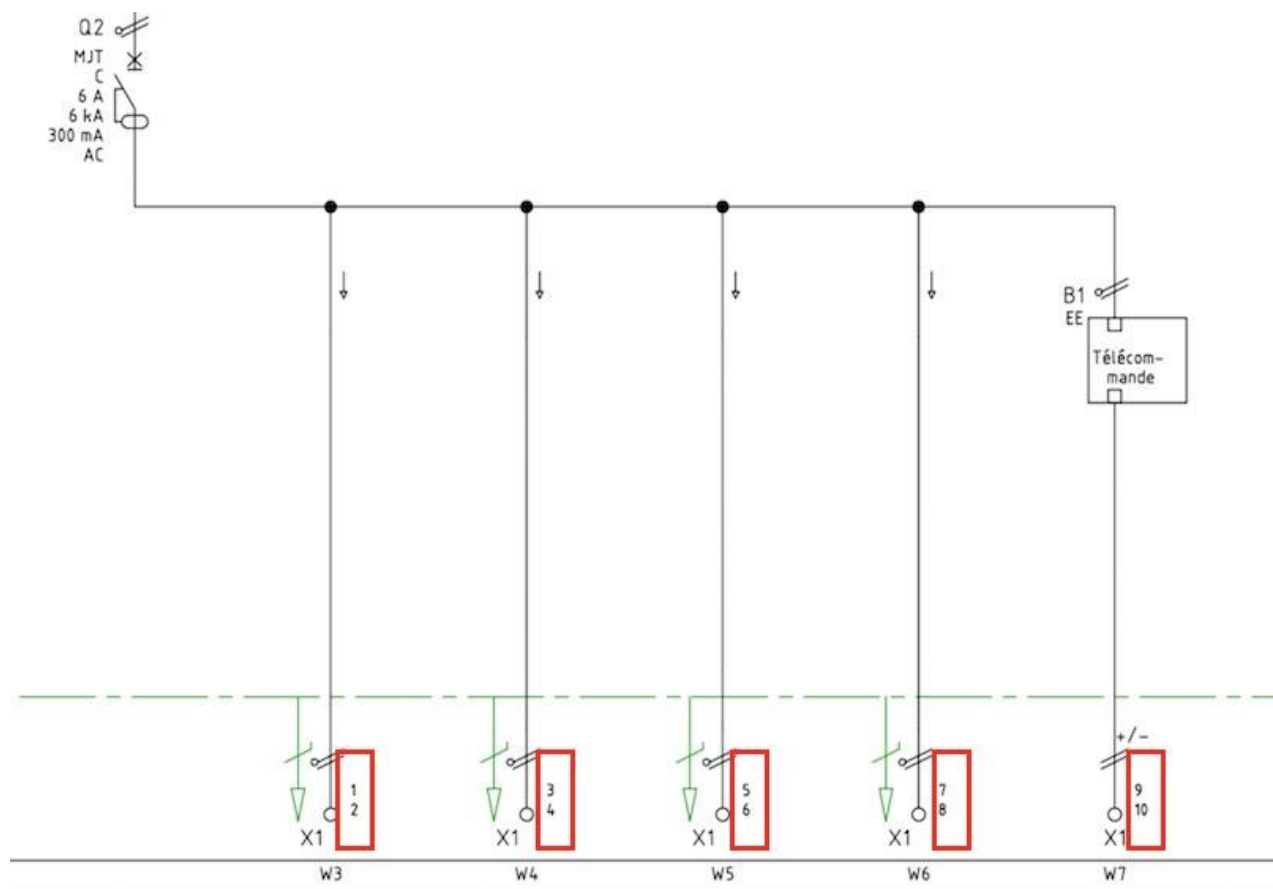
7 et 8 : contact à fermeture, contact temporisé

Contact travail: ouvert au repos, ferme le circuit électrique lorsqu'il est actionné.

Contact repos: fermé au repos ouvre le circuit électrique lorsqu'il est actionné.



C'est le cas pour le schéma suivant avec l'utilisation de chiffres pour identifier les bornes de borniers de raccordement.



Les bornes électriques sont numérotées par ordre croissant

Marquage des bornes par groupe:

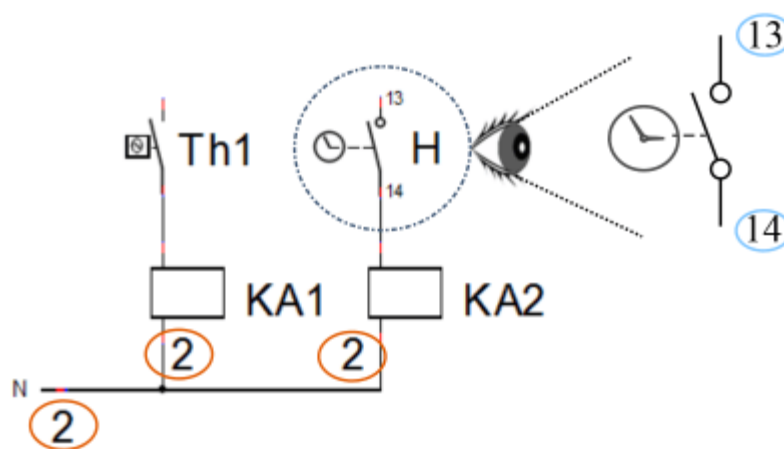
Parfois, les éléments identiques sont groupés. Dans ce cas les bornes sont désignées par des lettres suivies des nombres.

C'est le cas pour les bobinages de moteurs électriques triphasés notés:

- U1 U2.
- V1 V2.
- W1 W2.

g) Marquage des contacts et conducteurs électriques :

Les conducteurs sont tous numérotés, leurs numéros changent lorsqu'ils y sont connectés a un élément qui la capacité d'ouvrir ou de fermer un circuit. Les conducteurs soumis au même potentiel portent le même numéro.



Les éléments d'un schéma électrique sont équipés parfois de contacts.

Pour les contacts principaux, on utilise les chiffres:

- De 1 à 4 en monophasé.
- 1 à 6 en triphasé.
- 1 à 8 en tétrapolaire.

Pour les contacts auxiliaires, on utilise les chiffres:

- 1 et 2 pour chaque contact à ouverture.
- 3 et 4 pour chaque contact à fermeture.
- Les associations 5 6 et 7 8 sont utilisées pour numéroté des contacts spéciaux.

Quand il y a plusieurs contacts auxiliaires, on utilise les chiffres des dizaines pour ordonner les contacts.

Enfin, pour les parties commandes, on marque les contacts électriques des éléments avec les lettres A1 et A2 en monostable et A1/A2 B1/B2 en bistable.

Repérage des conducteurs dans un schéma électrique:

Les repères et identifications ne concernant pas que les disjoncteurs sectionneurs et autres appareils modulaires.

Les fils électriques sont également marqués et repérés. C'est d'ailleurs indispensable pour identifier le neutre de la phase en monophasé, et des phases en triphasé.

Voici les lettres utilisées pour repérer les conducteurs sur un schéma électrique.

Alimentation Alternatif monophasé:

- Phase 1: L.
- Neutre: N.

Alimentation Alternatif triphasé:

- Pour la phase 1: L1.
- La phase 2: L2.
- La phase 3: L3.
- Neutre: N.

Alimentation continue:

- Positif: L+.
- Négatif: L-.

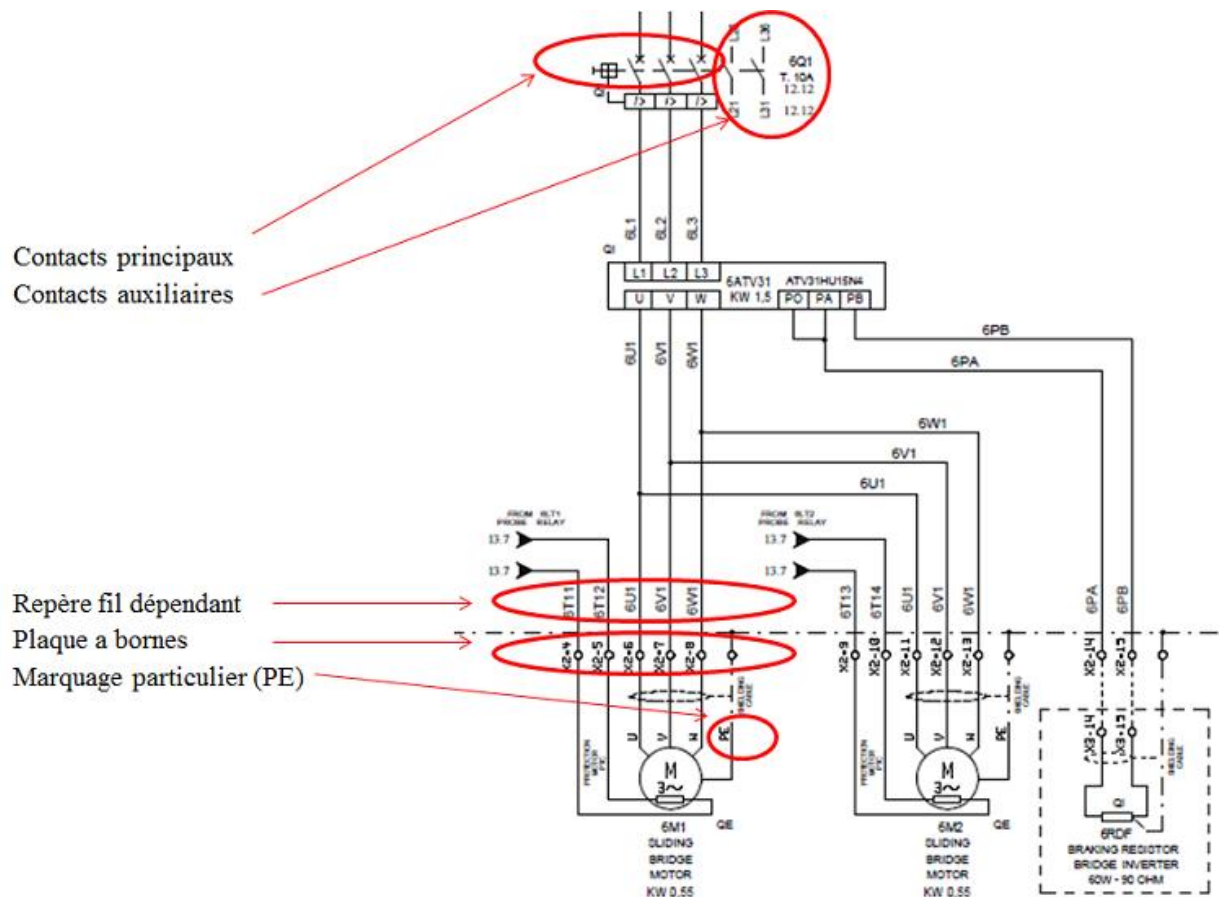
Conducteurs de terre et de protection:

- Pour le conducteur de protection: PE.
- Conducteurs protection et de Neutre confondus: PEN.
- Conducteur de Terre: E.

Symboles électrique et repérage avec un exemple:

Sur ce schéma, on propose de retrouver quelques symboles électriques énoncés ci dessus.

On trouve également des identifiants d'éléments de circuit, des marquages des bornes ainsi que des références de contacts électriques.

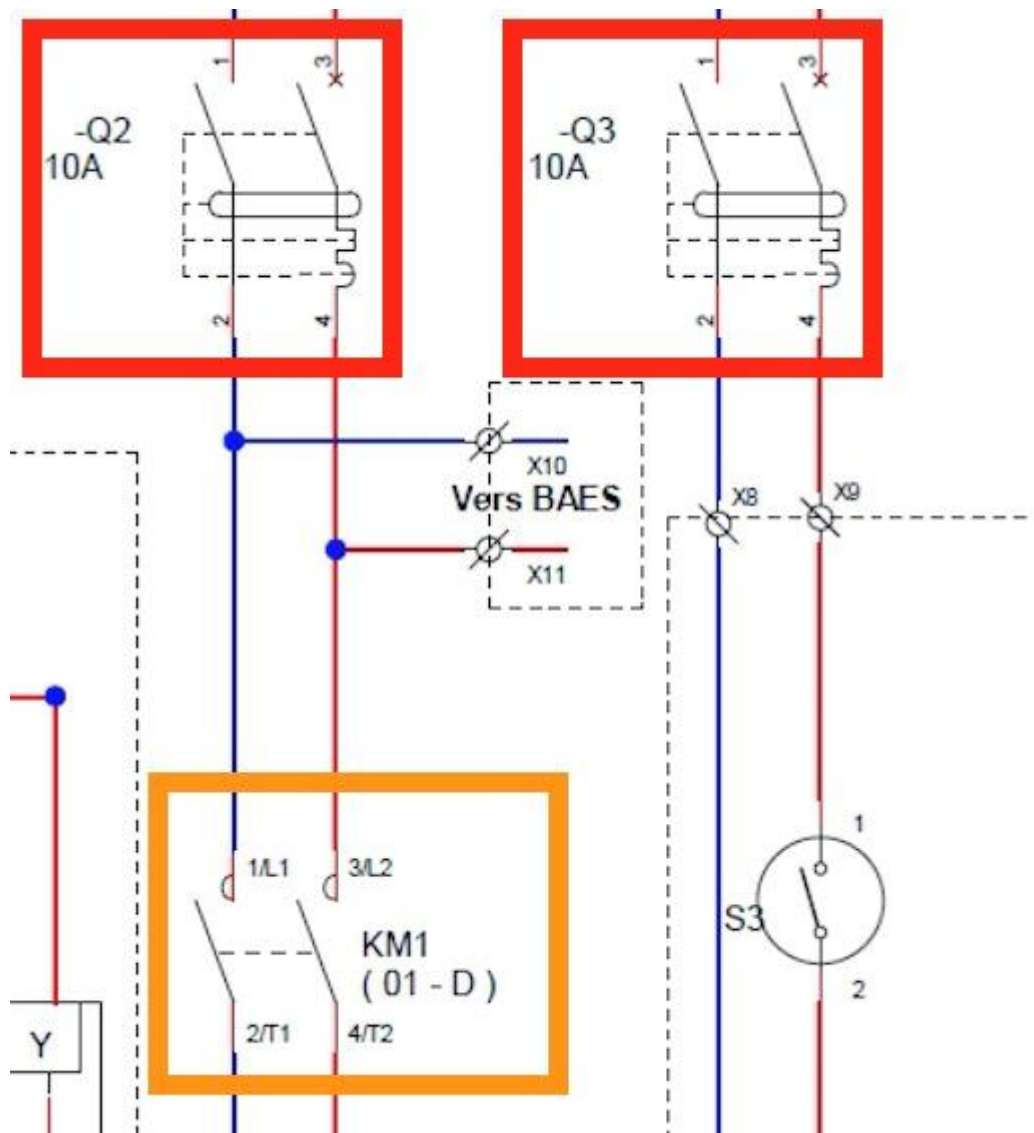


h) Exemple de schéma électrique

Symboles:

Sur ce schéma électrique, on retrouve notamment:

- Des disjoncteurs différentiels.
- Un contacteur.



En rouge les disjoncteurs différentiels, en orange une partie du contacteur

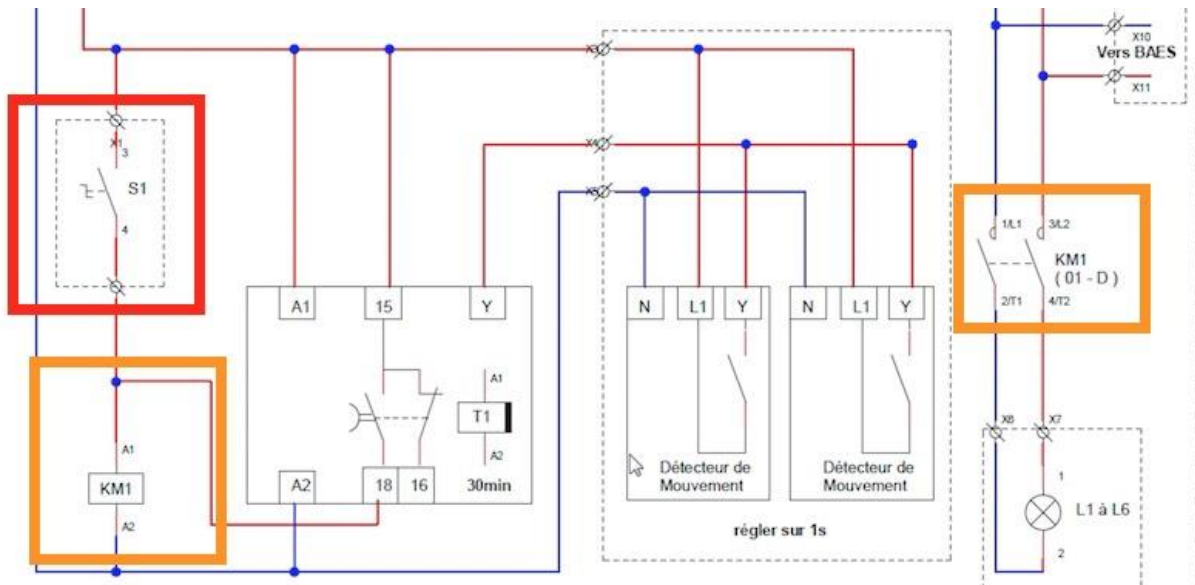
Identification des éléments :

Les différents éléments sont identifiés grâce à des repères alphanumériques.

Q1 Q2 Q3 pour les trois disjoncteurs différentiels.

- La lettre Q est commune pour désigner un appareil mécanique de connexion pour les circuits de puissance. Ici, ce sont des disjoncteurs différentiels.
- Le chiffre est incrémenté de 1 à 3 pour pouvoir différencier chaque disjoncteur différentiel.

On retrouve également les identifiants KM1 pour un contacteur et S1 pour un interrupteur à bouton rotatif à position maintenue.

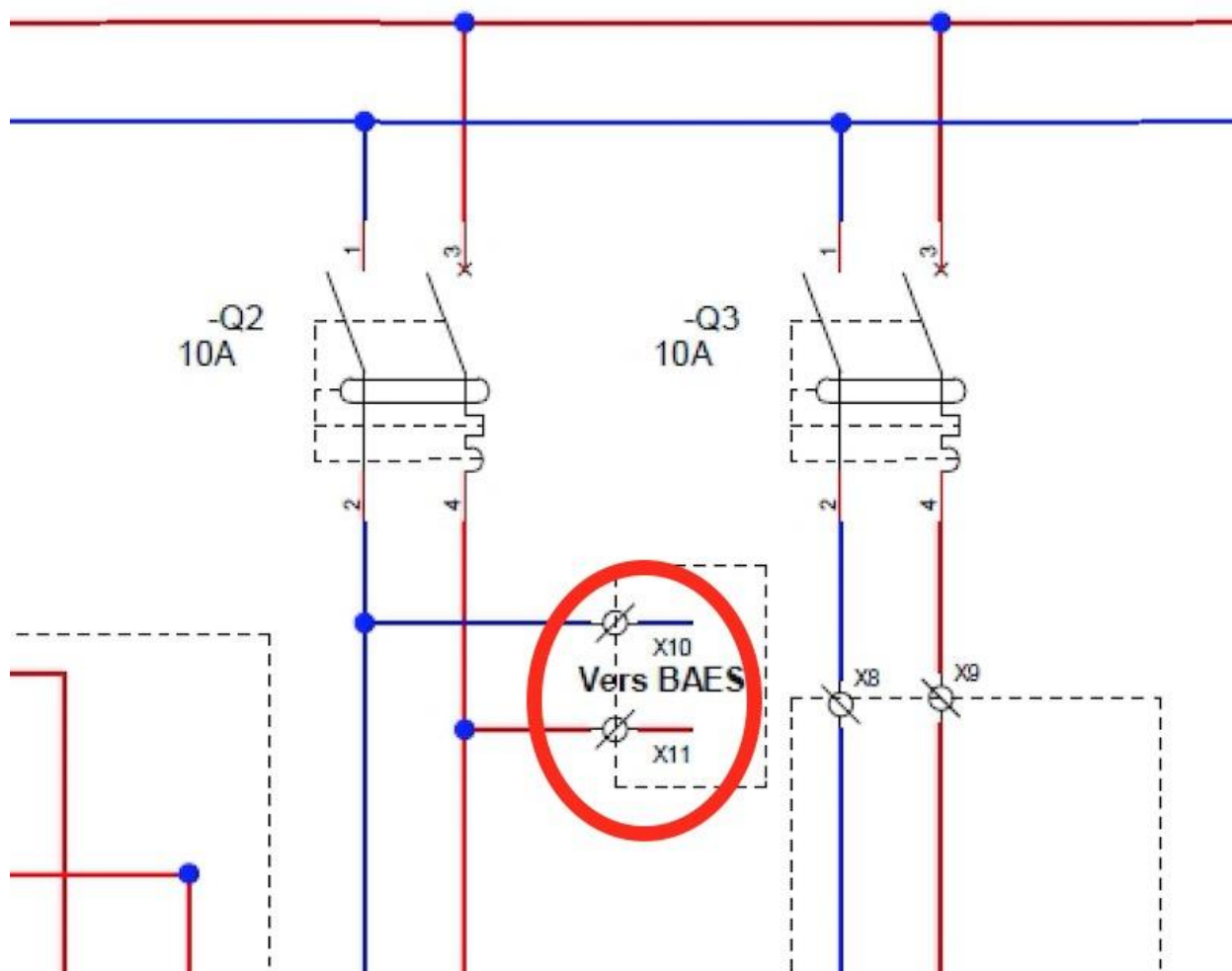


identifiants des différents éléments du schéma électrique. En rouge un interrupteur, en orange, le contacteur

Marquage des bornes:

Les bornes de connexions disponibles sur les appareillages et récepteurs sont notées avec un X, suivi de chiffres par ordre croissant.

Le Bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES) a ses bornes repérées en X10 et X11.



Les bornes apparaissent sur le schéma électrique, avec une numérotation croissante (ici X10 et X11)

Marques des contacts électriques :

Enfin, tous les contacts électriques des appareils sont indiqués sur le schéma électrique.

Il s'agit de contacts principaux en monophasé, les chiffres de 1 à 4 sont utilisés.

2.3 Normes pour les symboles électriques et électroniques

a) Intérêt et utilité

Il arrive que certains symboles se ressemblent mais ne signifient pas la même chose car ils ont été élaborés par des pays ou organismes différents.

Nous observerons facilement que le symbole du condensateur pour les électriciens ressemble au contact normalement ouvert du langage de programmation des automaticiens, mais aussi au contact à fermeture d'un contacteur aux normes américaines IEEE.



Il conviendra alors de spécifier avec quelle norme nous travaillons, lors de la représentation d'un schéma électrique.

b) Normes adoptés

En France, les normes de la série NF C 03-201 NF C 03-211 sont utilisés pour décrire les symboles d'appareillage électrique et les dispositifs de protection.

Ces symboles ont été adoptés sur le plan international et repris par l'Union Technique de l'Electricité (UTE).

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

c) Organismes de standardisation et de normalisation

- La CEI : Commission Electrotechnique Internationale,
- Le CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique,
- L'UTE, Union Technique de l'Electricité, est à l'origine de la norme NF C 15-100,
- L'ISO : Organisation Internationale de Normalisation
- L'ANSI : American National Standards Institute. Nous lui devons l'ASCII et la normalisation du langage C.
- L'IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Tableau d'exemples de correspondance de normes

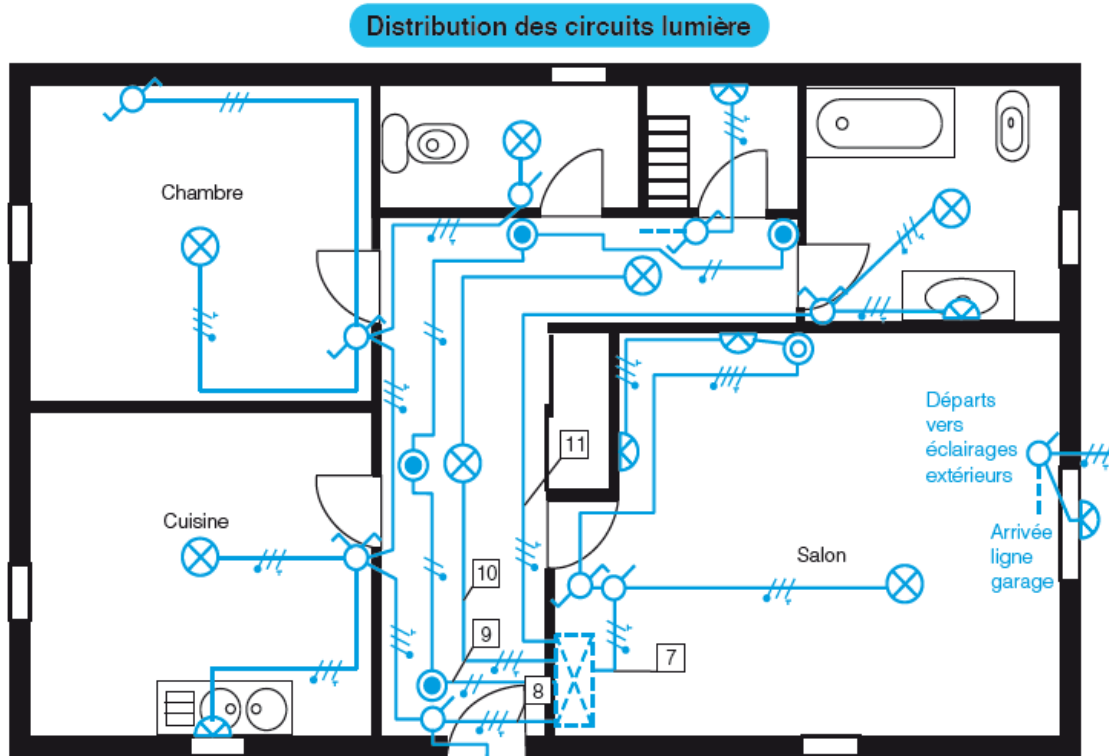
CEI	CENELEC	UTE	France	NF
60617-2	EN 60617-2	NF EN 60617-2	C 03-202	NF C 03-202
60617-2	EN 60617-11	NF EN 60617-11	C 03-211	NF C 03-211

d) Tableau de normes pour la schématisation

UTE	NF	Qualification
NF EN 60617-1	NF C 03-201	Informations générales
NF EN 60617-2	NF C 03-202	Eléments de symbole
NF EN 60617-3	NF C 03-203	Conducteurs et dispositifs de liaison
NF EN 60617-4	NF C 03-204	Composants passifs
NF EN 60617-5	NF C 03-205	Semi-conducteurs et tubes électroniques
NF EN 60617-6	NF C 03-206	Production et conversion d'énergie électrique
NF EN 60617-7	NF C 03-207	Contact, boutons et dispositifs de protection
NF EN 60617-8	NF C 03-208	Instruments de mesure, voyants et signalisation
NF EN 60617-11	NF C 03-211	Symboles pour schémas d'installation et plans architecturaux
NF EN 60617-12	NF C 03-212	Opérateurs logiques binaires
NF EN 60617-13	NF C 03-213	Opérateurs analogiques

2.4 Modèles de schémas électriques bâtiment

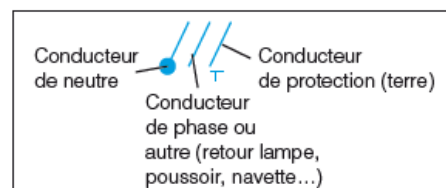
2.4.1 Schéma model de distribution de circuit d'éclairage



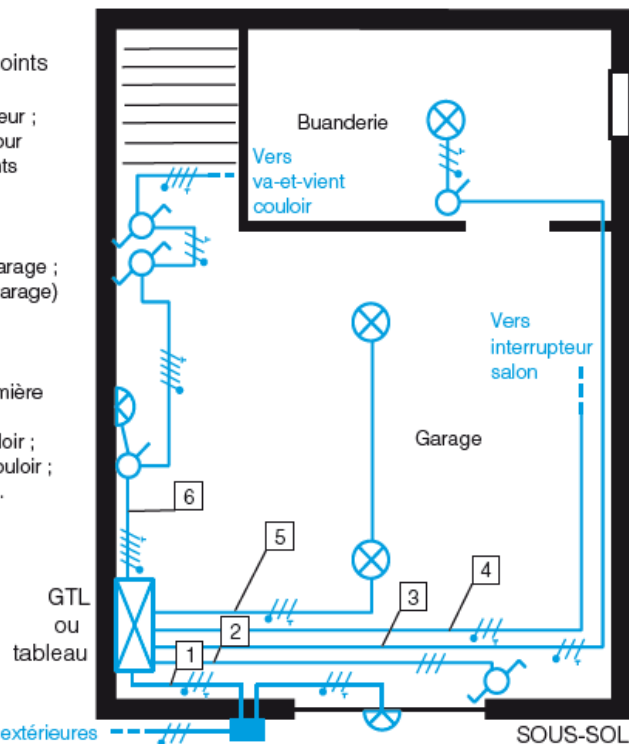
REZ-DE-CHAUSSÉE

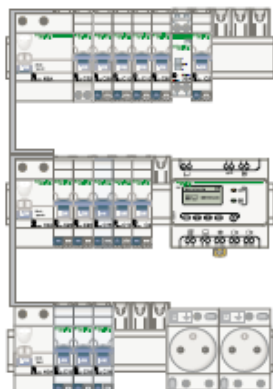
Lignes nécessaires pour l'alimentation des points lumineux et leurs organes de commande :

- 1 - 3 x 1,5 mm² pour éclairage extérieur par détecteur ;
- 2 - 3 x 1,5 mm² (retour lampes et deux navettes) pour commande de l'éclairage garage (raccordements dans le tableau électrique) ;
- 3 - 3 x 1,5 mm² pour éclairage buanderie ;
- 4 - 3 x 1,5 mm² pour éclairage extérieur salon ;
- 5 - 3 x 1,5 mm² pour alimentation des éclairages garage ;
- 6 - 5 x 1,5 mm² (neutre, phase terre et 2 navettes garage) pour commande lumière établi et va-et-vient escalier ;
- 7 - 3 x 1,5 mm² pour lumière salon ;
- 8 - 3 x 1,5 mm² pour éclairage extérieur entrée, lumière cuisine, W.-C. et chambre ;
- 9 - 2 x 1,5 mm² alimentation des poussoirs du couloir ;
- 10 - 3 x 1,5 mm² pour alimentation des lumières couloir ;
- 11 - 3 x 1,5 mm² pour circuit lumière salle de bains.



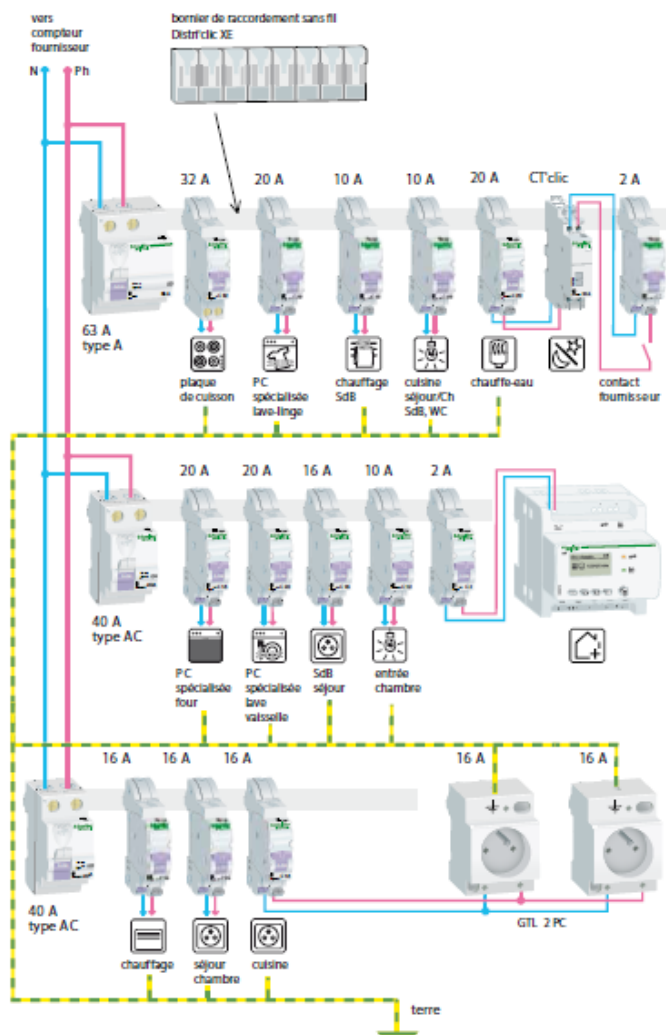
Vers autres lumières extérieures



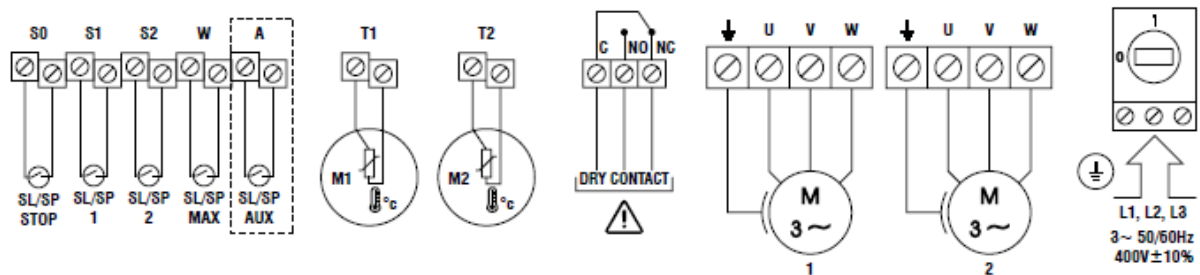
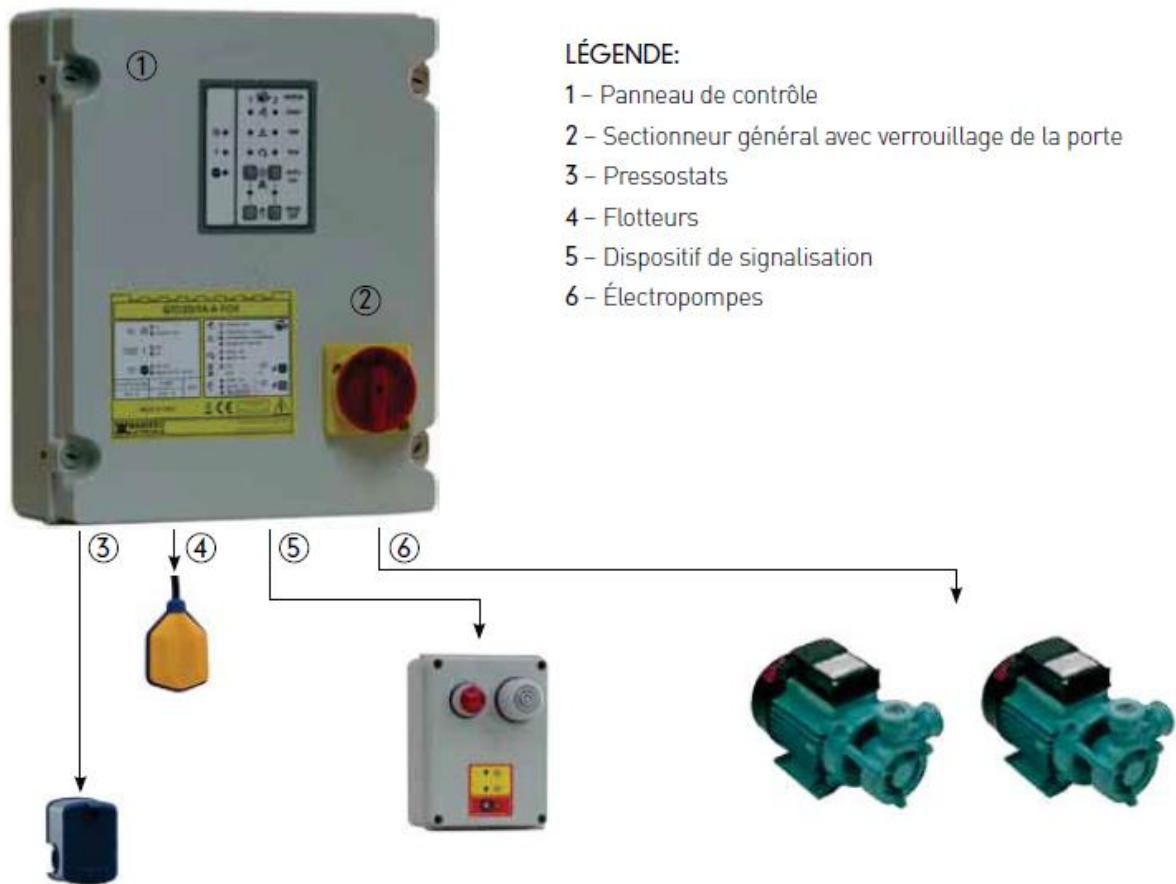


Liste du matériel

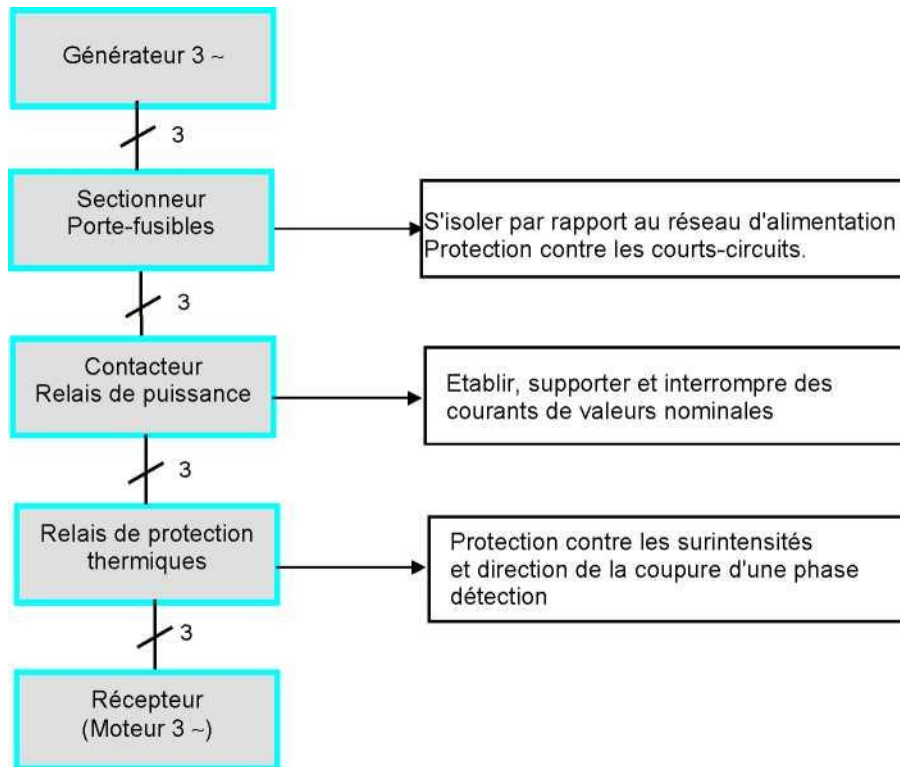
fonction	désignation	qté	réf.
panneau de contrôle			
panneau de contrôle		1	OPL13416
disjoncteur de	15/30/45 A 500 mA	1	13120
branchement DB90	Sélectif		
tableau de répartition			
coffret Opale	13 mod. 3 rangées	1	13403
interrupteurs	40 A type AC	2	16160
différentiels	63 A type A	1	16156
ID'clac XE			
disjoncteurs	2 A	2	16724
D'clac XE	10 A	3	16725
	16 A	4	16726
	20 A	4	16727
	32 A	1	16729
commande, programmation	contacteur HC	1	16736
répartition	répartiteur 8 modules	2	16181
	Distri'clac 13 modules	1	16182
	peigne vertical	2	14910
alimentation	prises de courant	2	16776
PC'clac			
comptage d'énergie	compteur Wiser	1	EER39000



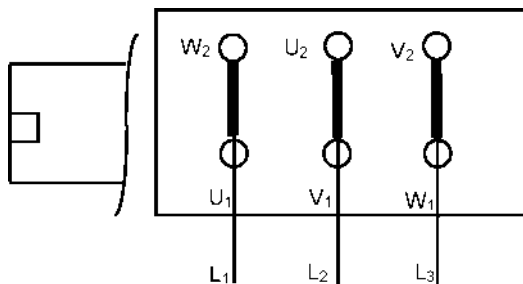
2.5 Modèles de schémas électriques industriels



Structure du circuit de puissance



Plaque à borne du moteur



Réseau 230 V 3 ~

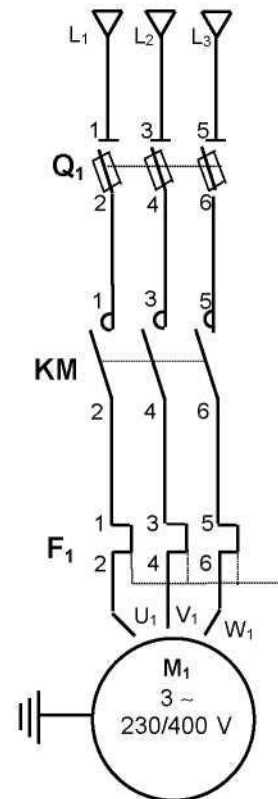


Schéma du circuit de puissance

Couplage triangle



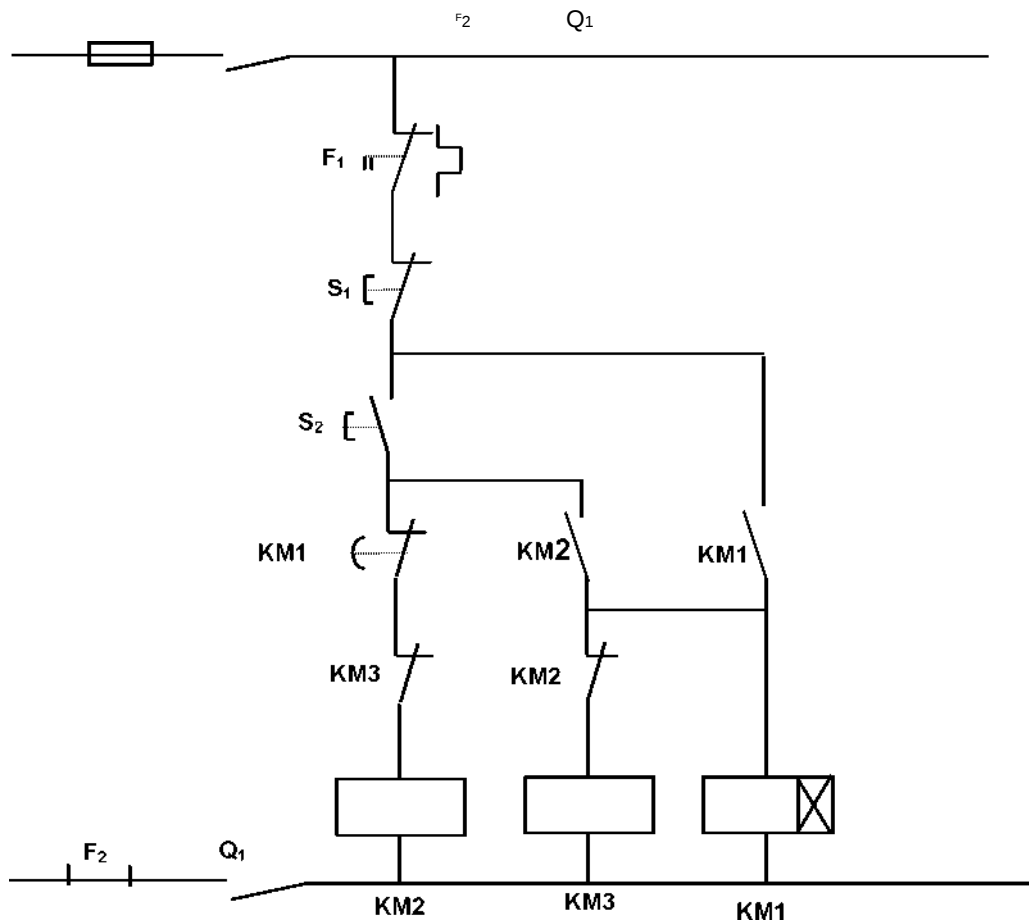
configuration :

Moteur 230/400 V

Réseau 230 V 3 ~

Uniquement pour cette

Schéma de commande le plus utilisé



Y A

Avantages :

- La pointe d'intensité au démarrage est réduite au tiers de la valeur du démarrage direct.
- Installation très simple en appareillage. Faible coût.

Inconvénients :

- Apparition de phénomènes transitoires lors du passage d'étoile en triangle.
- Démarrage long (3 à 6 s).

Remarque :

Le couple de démarrage est réduit au tiers de la valeur du démarrage direct

Chapitre III

Normes applicables aux installations électriques

3. Normes des installations électriques NF et CEI.

3.1 Montage suivant Norme NFC 15-100

a) Poser et raccorder un tableau électrique pré-câblé

Le **tableau électrique pré-câblé** a remplacé l'ancien tableau de répartition où le relai entre les différents circuits était assuré par des "ponts", faits de câbles de même section. La norme NF C-15 100 interdit cette forme de câblage et l'a remplacé par des "peignes", barrettes en cuivre protégées par des caches en plastique. Comme visible sur nos autres [schémas électriques de la maison](#), il permet d'assurer la cohérence électrique au sein du circuit domestique.

Matériel nécessaire

- Crayon
- Niveau à bulles
- Tournevis cruciforme
- Tournevis droit
- Tournevis à lame isolée
- Pincettes coupantes
- Pince à dénuder
- Couteau d'électricien
- Perceuse à percussion
- Marteau

b) Poser le tableau électrique pré-câblé au mur

Schéma du tableau pré-câblé schéma de ce **tableau de répartition** nous montre sur la barre supérieure un **interrupteur différentiel** de type AC pour les circuits des prises et de l'éclairage (réf 40 A-30 mA). La barre inférieure porte un interrupteur différentiel mais de type A pour les circuits spécialisés (réf 40 A-30 mA). Les circuits de chaque barre sont alimentés par un fil de phase (rouge) et un fil de neutre (bleu). Ils sont tous reliés à un collecteur de terre par un fil bicolore jaune et vert. Le diamètre des câbles est fonction de l'ampérage des circuits.

Pose du tableau électrique sur le mur1. Marquez au crayon les quatre points de fixation du tableau en le positionnant à l'aide d'un niveau posé sur le squelette du tableau dont on a ôté le couvercle.

Pose du tableau électrique : trous dans le mur2. Sur les points marqués, percez le mur avec une mèche adaptée à la nature du matériau.

Fixation du squelette du tableau électrique au mur³. Après avoir chevillé convenablement, vissez au mur, solidement, l'armature du tableau.

c) Alimenter les interrupteurs différentiels

Alimentation des interrupteurs différentiels : dénuder le câble¹. Dénudez au couteau d'électricien les câbles de 10 mm² prévus pour alimenter les deux interrupteurs différentiels de 40 A-30 mA (un sur chaque barre).

Raccordement du câble au bornier des neutres². Une fois le câble dénudé (ici celui du neutre), raccordez-le à son bornier qui est celui de gauche.

Raccord du bornier neutre à l'interrupteur différentiel³. Reliez le bornier des neutres que vous venez d'alimenter à l'un des interrupteurs différentiels par un câble de même section.

Branchement au disjoncteur⁴. Avec le même tournevis cruciforme de gros format, serrez fortement le câble (dont vous aurez bien sûr dénudé l'extrémité) dans le logement gauche du disjoncteur.

Branchement au disjoncteur⁵. Réalisez les mêmes opérations avec le fil de la phase (fil rouge, bornier de droite et logement droit du disjoncteur).

Branchement de l'interrupteur différentiel⁶. Alimentez de la même façon, l'**interrupteur différentiel** qui se trouve sur la barre inférieure, celui des **circuits spécialisés**.

d) Alimenter les disjoncteurs divisionnaires

Interrupteurs différentiels¹. La liaison "phase/ neutre" entre les interrupteurs différentiels et les **disjoncteurs protégeant les circuits**, est assurée par des barrettes ou "peignes" en cuivre. Protégées par des caches, elles remplacent les "ponts" (aujourd'hui interdits) des anciens tableaux qui permettaient de les câbler un à un.

Raccordement de circuits électriques². **Raccordez les conducteurs des différents circuits aux disjoncteurs différentiels** les protégeant. Les disjoncteurs de 32 A (réservés pour la protection des circuits du four ou de la plaque de cuisson) demandent des conducteurs de 4 mm² de section. Ceux de 20 A, dédiés aux circuits des gros appareils ménagers, demandent des conducteurs de 2,5 mm² de section. Les disjoncteurs de 16 A, dédiés soit à des circuits de prises non spécialisées, soit des circuits d'éclairage, seront reliés par des conducteurs de 1,5 mm² de section. Pour les appareils de chauffage, la puissance affichée détermine le niveau de protection du disjoncteur, donc la section du conducteur.

e) Raccorder le tableau électrique à la terre

Protection électrique par la terre¹. Engagez le conducteur de protection (fil de terre bicolore vert et jaune) principal de 10 mm² de section sur le bornier de terre et vissez-le

fermement. Pour les autres raccordements à la terre sur ce bornier, respectez pour les conducteurs bicolores, la section des conducteurs bleus et rouges, utilisés pour ces circuits.

Raccordement des circuits à la terre². Raccordez les conducteurs de protection (fils de terre) des différents circuits au bornier de terre.

f) Raccorder le tableau au disjoncteur principal

Vérification des branchements¹. Quand vous aurez relié tous les modules et tous les borniers, procédez à la vérification de tous les branchements en éprouvant la solidité de leur fixation.

Découpage du couvercle du tableau électrique². Découpez à la pince et au cutter les côtés du couvercle du tableau selon les profils des circuits à recouvrir et leurs emplacements.

Serrage des vis du couvercle du tableau électrique³. Ces découpes réalisées, mettez en place le couvercle et fixez-le en serrant d'un quart de tour les 4 vis en plastique

Branchement au réseau électrique principal⁴. Coupez le disjoncteur principal, ouvrez son couvercle et passez les deux fils (phase et neutre) de 10 mm² de section destinés à **alimenter le tableau de répartition** complètement câblé.

Raccordement du tableau électrique⁵. Dénudez la section des deux conducteurs et branchez le fil bleu (neutre) sur la borne de cette couleur et le fil rouge (phase) sur une des autres bornes (ici, il s'agit d'un disjoncteur principal triphasé disposant de trois bornes mais un disjoncteur principal monophasé n'en possède qu'une qui accompagne celle du neutre).

Mise sous tension du tableau électrique⁶. Repositionnez le boîtier du disjoncteur principal et resserrez les vis. Ré-enclenchez-le. Faites de même pour les interrupteurs différentiels du tableau et tous les disjoncteurs que vous aurez câblés.

3.2 Normes CEI/NF EN 61439

Des tableaux conformes aux normes sont essentiels pour obtenir le niveau de sûreté adéquat.

a) Les différentes normes

La conformité aux normes applicables est essentielle afin d'assurer un niveau de fiabilité satisfaisant.

Les normes de la série CEI/NF EN 61439 ("Ensembles d'appareillage à basse tension") ont été développées afin de fournir aux utilisateurs finaux de tableaux électriques un niveau élevé de confiance en termes de **sécurité** et de **disponibilité de l'alimentation**.

Les aspects de **sécurité** englobent :

- la sécurité des personnes (risques d'électrocution),
- les risques d'incendie,
- les risques d'explosion.

La **disponibilité de l'alimentation** est un problème majeur dans de nombreux secteurs d'activité, avec un impact économique possible élevé en cas de longue interruption consécutive à une défaillance du tableau.

Les normes fournissent les exigences de conception et de vérification, de façon qu'aucune défaillance ne survienne en cas de défaut, de perturbation, ou de fonctionnement dans des conditions d'environnement sévères.

La conformité aux normes garantit que le tableau fonctionnera correctement, non seulement dans des conditions normales, mais aussi dans des conditions sévères.

Trois éléments de la norme CEI 61439-1 (NF EN 61439-1) contribuent fortement à la sûreté :

- définition claire des unités fonctionnelles,
- formes de séparation des unités, fonctionnelles en accord avec les besoins de l'utilisateur,
- essais de type et individuels bien définis.

Trois éléments des normes CEI/NF EN 61439-1 et 61439-2 contribuent de manière significative à la fiabilité :

- une définition claire des unités fonctionnelles,
- les formes de séparation interne entre les unités fonctionnelles adjacentes conformément aux exigences de l'utilisateur,
- des tests de vérification clairement définis.

b) Structure de la série de normes

Les normes de la série CEI/NF EN 61439 consistent en une norme de base donnant les règles générales, et plusieurs autres normes se référant à différents types d'ensembles.

- CEI/NF EN 61439-1 : Règles générales.
- CEI/NF EN 61439-2 : Ensembles d'appareillage de puissance.
- CEI/NF EN 61439-3 : Tableaux de répartition destinés à être utilisés par des personnes ordinaires (DBO).
- CEI/NF EN 61439-4 : Exigences particulières pour ensembles de chantiers (EC).
- CEI/NF EN 61439-5 : Ensembles pour réseaux de distribution publique.
- CEI/NF EN 61439-6 : Systèmes de canalisation préfabriquée.
- CEI/TS/NF EN 61439-7 : Ensembles pour installations publiques particulières telles que marinas, terrains de camping, marchés et emplacements analogues et pour borne de charge de véhicules électriques.

Les documents CEI/NF EN 61439-1 et 2 ont été publiés en première édition en 2009, et révisés en 2011.

c) Les améliorations majeures apportées par la norme CEI/NF EN 61439

Par rapport à la série précédente CEI/NF EN 60439, plusieurs améliorations majeures ont été introduites, pour le bénéfice de l'utilisateur final.

Exigences basées sur les attentes de l'utilisateur final

Les différentes exigences incluses dans les normes ont été introduites afin de répondre aux attentes de l'utilisateur final :

- capacité à faire fonctionner l'installation électrique,
- tenue aux surtensions
- capacité de transport de courant,
- tenue aux court-circuits,
- compatibilité électromagnétique,
- protection contre les chocs électriques,
- maintenance et amélioration des performances,
- possibilité d'installation sur site,
- protection contre les risques d'incendie,
- protection contre les contraintes environnementales.

Bibliographie

- Norme NF C 15-100, Guide 2021, Schneider Electric
- Le guide électricité - Brochure constructeur LE GRAND - 2021
- Installations et équipements électriques sur le terrain, Unités de support technique, MSF et CICR - 2017
- Brochure constructeur MANIERO ELETTRONICA Tableaux de commande et de protection pour les électropompes et les moteurs
- Technique de câblages des coffrets électriques pour les machines industrielles, RUCHE Dominique
- Le grand livre de l'électricité, Thierrey Gallauziaux & David Fedullo
- Dessin électrique, Haute Ecole HENALLUX Département bacheliers en électromécanique d'Arlon
- Les systèmes industriels, LP DESCARTES
- Schémas industriels, LP ALFRED DE MUSSET
- Recherches sur sites internet