

Chapitre 01 : Généralité sur l'appareillage électrique

1. Introduction

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

L'appareillage électrique permet d'adapter, à chaque instant, la structure du réseau aux besoins de ses utilisateurs, producteurs et consommateurs d'électricité, et de préserver, totalement ou partiellement, cette fonction en cas d'incident. C'est assez dire l'importance du rôle de l'appareillage électrique pour la manœuvre et la protection du réseau.

2. Choix et classifications de l'appareillage

Pour choisir l'appareillage électrique adapté au récepteur demande une bonne connaissance du comportement du récepteur lors de l'utilisation normale et lors de dysfonctionnement en prenant en considération la cadence de fonctionnement, le risque de surcharge, la résistance aux courts-circuits et la résistance aux surtensions. Les constituants (appareillages, sous-ensembles) doivent être conformes aux normes correspondantes et convenir à leur application particulière en ce qui concerne la présentation extérieure de l'ensemble, leurs caractéristiques électriques et mécaniques.

L'appareillage électrique est classé en plusieurs catégories selon :

a. sa fonction

Pour adapter la source d'énergie au comportement du récepteur, il est défini cinq grandes fonctions à remplir par l'appareillage électrique :

- le sectionnement
- l'interruption
- la protection contre les courts-circuits
- la protection contre les surcharges
- la commutation.

b. sa tension

On distingue les domaines de tension suivants:

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

c. sa destination

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

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

d. son installation

On peut distinguer : le matériel pour l'intérieur, le matériel pour l'extérieur.

e. le type de matériel

Deux types sont distingués :

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

f. la température de service

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

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

g. technique de coupure

L'histoire de l'appareillage électrique est riche d'inventions diverses, de principes de coupure performants, de technologies très variées utilisant des milieux aussi différents pour l'isolement et la coupure. On peut résumer les milieux suivants qui ont été choisis pour la coupure :

- air • huile • air comprimé • SF6 • vide.

3. Contact électrique

3.1 Définition

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

3.2 Caractéristiques et catégories

Le contact électrique est caractérisé par sa résistance de contact, sa résistance à l'érosion, sa résistance à l'oxydation. Afin d'optimiser ses caractéristiques, les surfaces destinées à assurer la fonction de contact sont recouvertes par plaquage, ou comportent une partie massive ajoutée, d'un matériau particulier tel que l'Or, le platine (Palladium) et le Tungstène.

Le contact électrique a deux états par défaut:

NO : Normalement Ouvert (Open)

NF : Normalement Fermé (NC : Close)

Les contacts sont aussi divisés en 2 catégories :

Les contacts secs ou contacts hors tension.

Les contacts mouillés ; leurs définitions n'expriment pas un degré d'humidité mais l'origine du basculement d'état (relais à contact mouillé au mercure).

4. Phénomènes liés au courant et à la tension électriques

1. Les surintensités

Dans un circuit électrique, la surintensité est atteinte lorsque l'intensité du courant dépasse une limite jugée supérieure à la normale.

Les causes et les valeurs des surintensités sont multiples. On distingue habituellement dans les surintensités, les surcharges et les courts-circuits.

a. La surcharge

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

Caractéristiques

Le terme "surcharge" est utilisé pour un courant excessif circulant dans un circuit en bon état électriquement. Les surcharges sont en général inférieures à 10 fois le courant nominal du circuit.

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

b. Le court-circuit

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

Caractéristiques

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

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

Dans ce cas la protection doit limiter l'énergie associée au défaut ; cette énergie est liée à la grandeur suivante I^2t . Cette grandeur est une mesure de l'énergie thermique fournie à chaque ohm du circuit par le courant de court circuit pendant le temps t . Cependant la protection contre les court-circuits impose souvent une condition supplémentaire qui est la limitation de la valeur crête du courant autorisé dans l'installation.

En effet les forces électromagnétiques sont proportionnelles au carré de la valeur instantanée du courant et peuvent produire des dégâts mécaniques aux équipements si les courants de court circuit ne sont pas « limités » très rapidement. Les contacts de sectionneurs, contacteurs et même de disjoncteurs peuvent se souder si la valeur crête du courant passant dans le circuit de défaut n'est pas limitée à une valeur suffisamment basse. Si la fusion de certains conducteurs et de certaines parties de composants se produit, un arc entre les particules fondues peut s'amorcer, déclencher des incendies et créer des situations dangereuses pour le personnel. Une installation électrique peut même être complètement détruite. Les fusibles ultra-rapides pour la protection des semi conducteurs fournissent une excellente protection en cas de court circuit.

2. Les surtensions

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

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

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

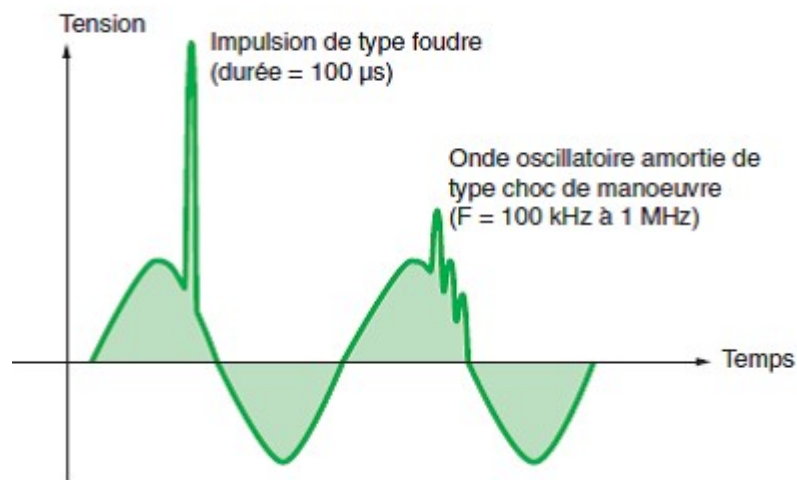


Fig.1 : Exemple de surtensions

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

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

- le temps de montée t_f (en μs),
- la pente S (en $\text{kV}/\mu\text{s}$).

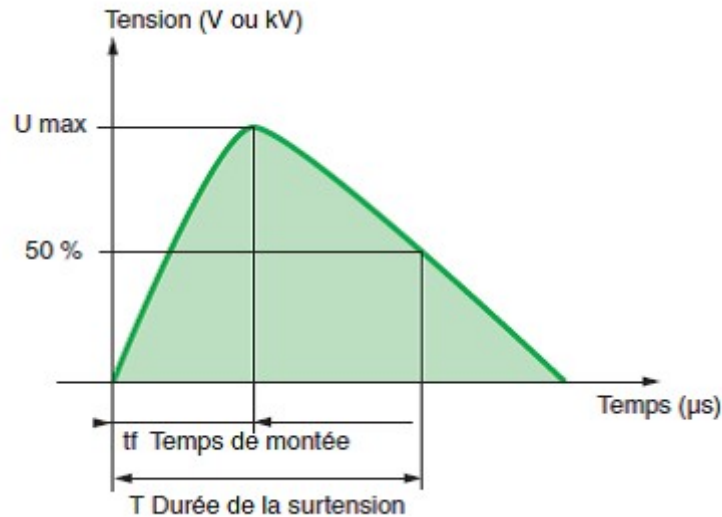


Fig.2 : Principales caractéristiques d'une surtension

2.1 Types de surtension dans les réseaux électriques

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

a. Surtensions de manœuvre :

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

b. Surtensions à fréquence industrielle :

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

c. Surtensions causées par des décharges électrostatiques.

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

d. Surtensions d'origine atmosphérique.

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

3. Les efforts électrodynamiques

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

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

4. Rigidité diélectrique

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

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

5. Isolant électrique

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

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

6. Claquage électrique

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

dépend de la nature et de l'épaisseur de l'isolant entrant dans la constitution du composant : certains isolants sont ainsi dits auto-régénérateurs, comme l'air ou l'hexafluorure de soufre.

7. Ionisation des gaz

L'ionisation est l'action qui consiste à enlever ou ajouter des charges à un atome ou une molécule. L'atome - ou la molécule - perdant ou gagnant des charges n'est plus neutre électriquement. Il est alors appelé ion.

Un plasma est une phase de la matière constituée de particules chargées, d'ions et d'électrons. La transformation d'un gaz en plasma (gaz ionisé) ne s'effectue pas à température constante pour une pression donnée, avec une chaleur latente de changement d'état, comme pour les autres états, mais il s'agit d'une transformation progressive. Lorsqu'un gaz est suffisamment chauffé, les électrons des couches extérieures peuvent être arrachés lors des collisions entre particules, ce qui forme le plasma. Globalement neutre, la présence de particules chargées donne naissance à des comportements inexistant dans les fluides, en présence d'un champ électromagnétique par exemple.

5. Phénomènes d'interruption du courant électrique

a. Définition de l'arc électrique

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

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

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

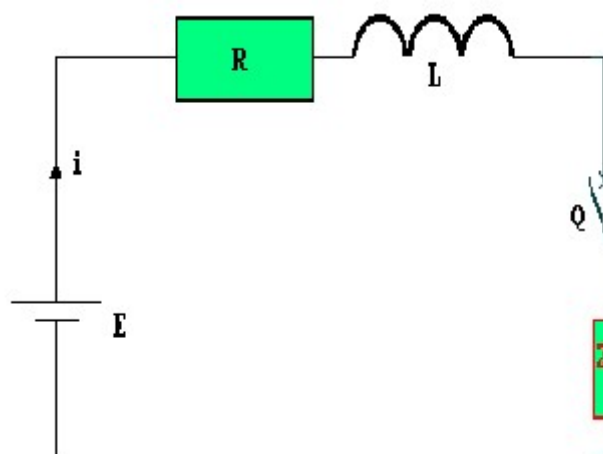


Schéma.1 : Explication simplifiée relative à un fonctionnement sur court-circuit ($Z_c=0$)

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

A l'ouverture du disjoncteur sur court-circuit, la loi qui régit l'évolution du courant i_{cc} est :

$$e^{-Ua} = R \cdot i_{cc} + L \cdot \frac{di_{cc}}{dt}$$

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

On peut négliger R , ce qui conduit à :

$$e^{-Ua} = L \cdot \frac{di_{cc}}{dt}$$

Le dispositif de protection insère ainsi très rapidement une chute de tension Ua qui joue le rôle de f_{cem} s'opposant à la croissance du courant de court-circuit présumé i_{cc} .

On obtient en conséquence un « effet limiteur » du courant de court-circuit, effet d'autant plus efficace que Ua est élevée.

d. Coupure avec l'arc électrique

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

e. Inconvénients, dangers de l'arc électrique

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

f. Processus de coupure avec l'arc électrique

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

a. La période d'attente :

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

b. La période d'extinction :

Au moment de passage par zéro du courant, l'arc est éteint, le canal des molécules ionisées est cassé, le milieu redevient isolant et le courant est interrompu. La résistance de l'arc doit augmenter au voisinage du zéro du courant, et dépend de la constante d'ionisation du milieu. Aussi, la puissance de refroidissement de l'appareil doit être supérieure à l'énergie de l'arc dissipée par effet joule.

c. La période Post-Arc :

Pour que la coupure soit réussie, il faut que la vitesse de régénération diélectrique soit plus rapide que l'évolution de la tension transitoire de rétablissement TTR, sinon on assiste à un phénomène de ré-allumage ou réamorçage de l'arc. La vitesse de croissance de la TTR a un rôle fondamental sur la capacité de coupure d'appareils. La norme impose pour chaque tension nominale, une valeur enveloppe qui correspond aux besoins normalement rencontrés.

Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur correspond à la valeur la plus élevée du courant qu'il peut couper à sa tension assignée et à sa TTR assignée. Un disjoncteur devrait être capable de tout courant inférieur à son PDC pour toute TTR dont la valeur est inférieure à la TTR assignée. Pour une tension assignée de 24 kV, la valeur maximale de TTR est de l'ordre de 41 kV et peut accroître avec une vitesse de 0.5 kV/ms.

g. Les milieux de coupure

Depuis des années, les constructeurs ont cherché, développé, expérimenté et mis en oeuvre des appareils de coupure à base de milieux aussi variés que : l'air, l'huile, le SF6. Avoir une conductivité thermique importante pour pouvoir évacuer l'énergie thermique engendrée par l'arc électrique ; et enfin le vide. Pour une coupure réussie, le milieu doit avoir les caractéristiques suivantes :

Avoir une vitesse de dé-ionisation importante pour éviter des réamorçages du milieu ;

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

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

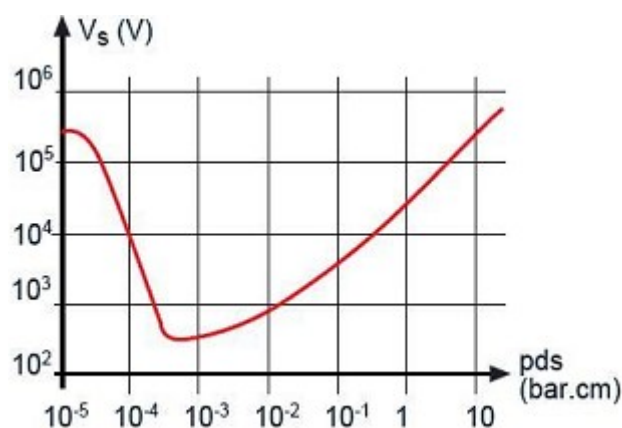


Fig.3 : La courbe de Paschen

L'espace inter-contacts doit offrir une tenue diélectrique suffisante. La tenue diélectrique du milieu dépend de la distance entre les électrodes et de la pression du milieu. Pour l'air, la courbe de Paschen donne l'évolution de la rigidité diélectrique en fonction de la pression du milieu.

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

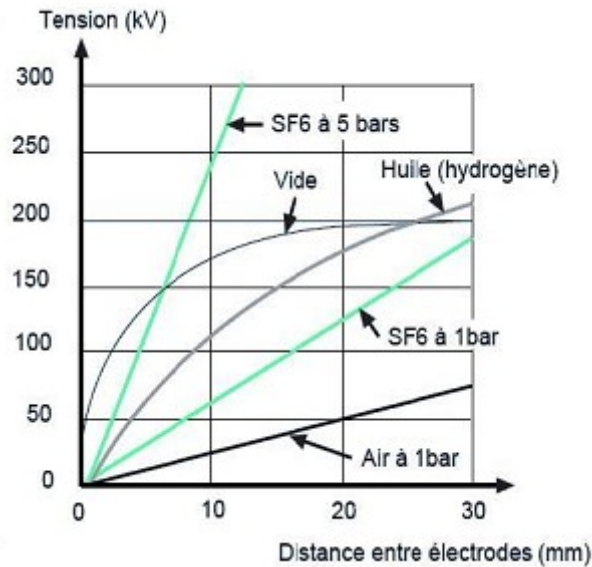


Fig.4 : Rigidité diélectrique en fonction de la distance entre les électrodes

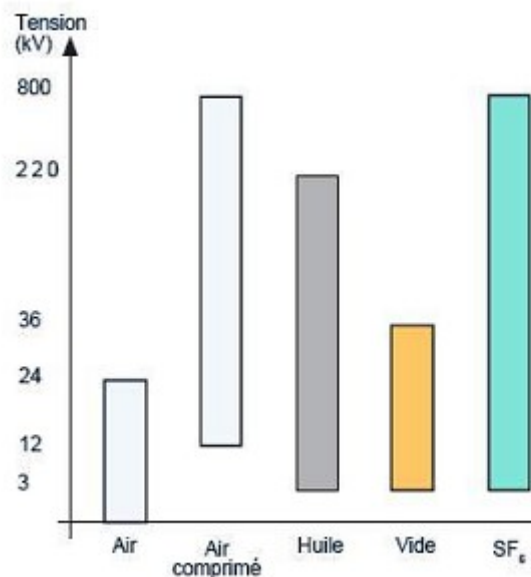


Fig.5 : Domaine d'utilisation des différents milieux de coupure

Plusieurs milieux de coupure ont été développés à ce jour :

- La coupure dans l'air (jusqu'à 24 kV), mais aujourd'hui limitée à des utilisations en basse tension;
- La coupure dans l'huile (jusqu'à 200 kV) ;

- La coupure dans le SF6 (jusqu'à quelques centaines de kV) ;
- La coupure dans le vide (jusqu'à 36 kV)

h. Différentes techniques de coupure de l'arc

a. La coupure dans l'air

Pour des tensions supérieures à 24 kV, l'air comprimé est utilisé pour améliorer la tenue diélectrique, la vitesse de refroidissement et la constante de temps de dés-ionisation. L'arc est refroidi par des systèmes de soufflage à haute pression. La coupure n'est pas très utilisée en moyenne tension pour des raisons d'encombrement et de coût. Toutefois la coupure dans l'air reste la solution la plus utilisée en basse tension grâce à sa simplicité et son endurance.

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

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

b. La coupure dans l'huile

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

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

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

c. La coupure dans le SF6

Depuis plusieurs années, les constructeurs de disjoncteurs se sont orientés vers le SF6 (hexafluorure de soufre) comme milieu de coupure, vu ses qualités chimiques et diélectriques. Sous l'effet de la température, la molécule SF6 se décompose, mais dès que le courant retrouve des valeurs faibles, la molécule se compose à nouveau.

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

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

d. La coupure dans le vide

D'après la courbe de Paschen (Fig.3), le vide présente des performances très intéressantes: à partir d'une pression de 10-5 bars, la rigidité diélectrique est de 200 kV pour une distance entre électrodes de seulement 12 mm. En l'absence de milieu de coupure, l'arc électrique, dans la coupure sous vide, est composé de vapeurs métalliques et d'électrons provenant des matériaux composant les contacts. Cet arc peut être diffus ou concentré.

Les constructeurs de disjoncteurs avec ampoule sous vide ont porté leur recherche au niveau des matériaux des contacts, leur forme et les mécanismes de coupure. La coupure dans le vide est très employée aujourd'hui en moyenne tension, très peu utilisée en basse tension pour des raisons de coût, et reste dans le domaine prospectif pour la haute tension (> 50 kV). Grâce à sa grande endurance électrique avec des TTR à front de montée très raides, la coupure sous vide est aujourd'hui largement utilisée en MT pour l'alimentation des moteurs, câble, lignes aériennes, transformateurs, condensateurs, fours à arc...

6. Différents appareils et ses principes

6.1 Appareil d'isolement

On entend par appareil d'isolement, tout appareil capable de séparer l'installation concernée de toute source de tension.

a- Sectionneur

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon visible, un circuit électrique en aval de son alimentation et qui assure en position ouverte une distance de sectionnement satisfaisante électriquement.

➤ **Rôle**

- Permet d'ouvrir un circuit pour la mise hors tension d'un appareil ou groupe d'appareils de façon sûre.
- Permet de visualiser les parties mobiles d'un sectionneur pour s'assurer de sa position ouverte ou fermée.

NB : - Le sectionneur n'a aucun pouvoir de coupure ou de fermeture.

- Le sectionneur ne jamais ouvrir en charge.

➤ **Symbole**

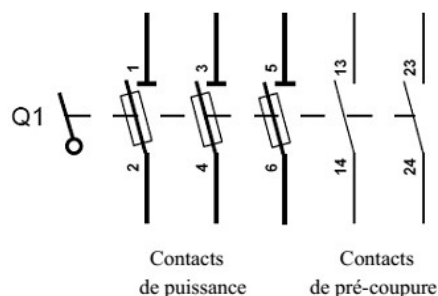


Figure 6 : Sectionneur porte-fusibles tripolaire avec contacts de pré-coupure

b- Interrupteur

C'est un appareil qui possède un pouvoir de coupure et de fermeture, il permet :

- De mettre en service l'installation considérée.
- De mettre à l'arrêt l'installation considérée.
- De séparer l'installation considérée de toute source de tension.

➤ **Symbole**

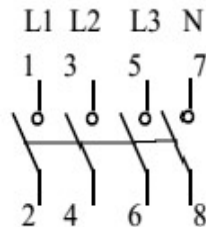


Figure 7 : Interrupteur tétra-polaire

6.2 Eléments de protection des circuits

Chaque réseau électrique doit être protégé contre les courts-circuits et les surcharges. En effet ces défauts entraînent toujours une augmentation anormale d courant qui, non limité, peut devenir dangereuse pour les installations.

a- Fusible

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

➤ **Rôle**

Assurer la protection des circuits électriques contre les courts- circuits et les surcharges.

➤ **Utilisation**

La protection par fusible est installée :

- Dans tous les circuits de commande.
- Dans tous les circuits de puissance : lorsqu'ils ne possèdent pas de moteurs ou lorsqu'ils possèdent un moteur protégé par un relais de protection.

En effet, un fusible n'est pas une protection sûre contre les surcharges de courte ou de longue durée et ne convient donc pas pour un moteur.

➤ **Symbole**

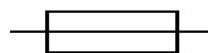


Figure 8 : Fusible

b- Disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil électromagnétique capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales, mais surtout dans celles

dites « anormales », c'est-à-dire : surcharge et court-circuit. Il s'ouvre alors automatiquement. Après élimination du défaut, il suffit de le réarmer par une action manuelle sur la manette.

➤ **Utilisation**

C'est une protection valable pour les circuits de commande et de puissance mais l'inconvénient majeur réside son prix de revient qui est élevé.

➤ **Symbole**



Figure 9 : Disjoncteur

c- Discontacteur

Discontacteur : C'est un ensemble d'appareil regroupant : Un contacteur et Un relais de protection thermique ou magnétique ou magnétothermique.

- **Un contacteur** : est un appareil de commande capable d'établir ou d'interrompre le passage de courant plus ou moins important dans un circuit de puissance. Il est composé d'une bobine dont le rôle est de commander l'ouverture ou la fermeture de plusieurs contacts de commande et de plusieurs contacts de puissance.

➤ **Symbole**

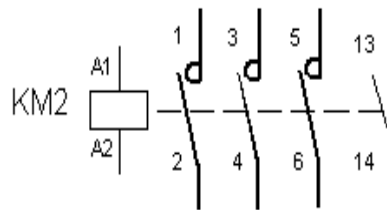


Figure 10 : Discontacteur

- **Un relais thermique** : est un déclencheur comprenant un bilame par potentiel protégé et un contact auxiliaire à ouverture.

➤ **Symbole**

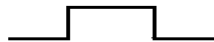


Figure 11 : Relais thermique

- **Un relais magnétique** : est un déclencheur composé d'une bobine à noyau plongeur ou à armature par potentiel protégé et d'un contact auxiliaire à ouverture.

➤ **Symbole**



Figure 12 : Relais magnétique

- **Un relais magnétothermique** : regroupe un déclencheur thermique, un déclencheur magnétique et un contact auxiliaire à ouverture.

- **Symbole**

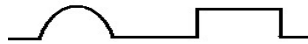


Figure 13 : Relais magnétothermique

- **Utilisation**

La protection par discontacteur n'est utilisée que dans les circuits de puissance de moteur ; elle remplace avantageusement (du point de vue prix de revient) un disjoncteur.