

Les fonctions de l'appareillage électrique

Introduction

L'appareillage électrique est un "mal nécessaire". Il ne semble pas, à priori que son rôle soit vraiment essentiel : il ne concourt pas directement à la production de l'énergie électrique, ni à son utilisation. Et pourtant il ne semble pas qu'actuellement on puisse envisager sa suppression; il faudrait pour cela que la production et la consommation d'énergie électrique soient continues, que les appareils générateurs, transformateurs, utilisateurs..., ne soient ni sujets à des incidents, ni assujettis à des opérations d'entretien. C'est là un idéal que personne n'espère atteindre actuellement.

L'appareillage électrique est nécessaire : on ne se permet généralement pas de laisser allumée en permanence une lampe de chevet, une ligne avariée doit être séparée du réseau. Mais l'appareillage électrique n'est pas seulement une nécessité : il est une gêne; d'abord sur le plan financier de première installation : il coûte cher ; ensuite sur le plan de l'exploitation du matériel de production, de transport, ou d'utilisation; il exige des mises hors service pour révision, ou même à cause d'incidents dont les conséquences sont en général graves.

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

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

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

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

I. Les fonctions de base

<p>♦ le sectionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ à coupure pleinement apparente, ◇ à coupure visible. 	<p>♦ la commande :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ fonctionnelle, ◇ à coupure d'urgence, ◇ arrêt d'urgence, ◇ coupure pour entretien mécanique, 	<p>♦ la protection électrique contre :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ les courants de surcharge, ◇ les courants de court-circuit, ◇ les défauts d'isolement.
--	---	--

I.1. Le sectionnement :

But : isoler et séparer un circuit ou un appareil du reste de l'installation.

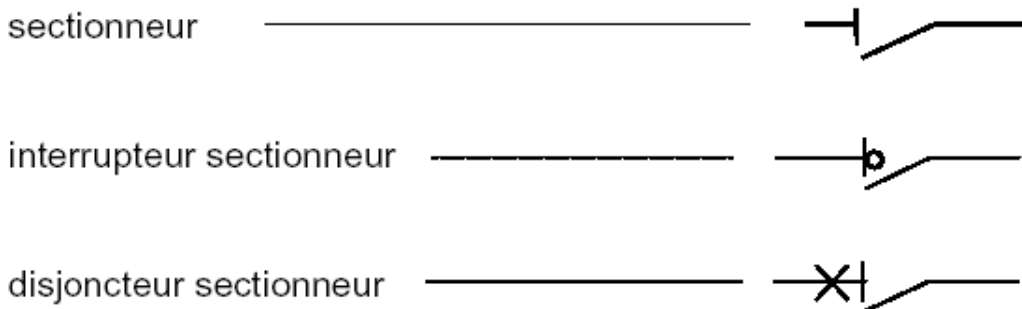
Conditions à respecter :

- selon NF C 15-100 § 537-2 et CET 947-2,
- la coupure est omnipolaire (sauf le PEN),
- verrouillable ou cadénassable,
- vérification de l'ouverture des contacts :
- soit visuelle (C 1 3-1 00),
- soit mécanique (coupure pleinement apparente).

Le sectionneur est un appareil de connexion à commande manuelle et à deux positions stables (ouvert/fermé) qui assure la fonction de sectionnement. Ses caractéristiques sont définies par les normes NF C 63-130 et CEI 947-3.

Il ne possède pas de pouvoir d'interruption du courant assigné ou du courant de fermeture sur court-circuit, ni de pouvoir de coupure. Mais il est à même de supporter des courants de court-circuit de courte durée : cette caractéristique s'appelle « tenue aux courants de court-circuit de courte durée ». Il satisfait aussi à des exigences d'endurance mécanique.

Quels appareils ?



Installation :

À l'origine de chaque circuit.

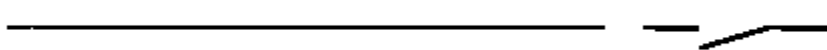
I.2. La commande "fonctionnelle" :

But : mise "hors" ou "en" tension de toute partie de l'installation en fonctionnement normal.

Conditions à respecter :

- selon NF C 15-100 § 465 et 537-2,
- la manoeuvre peut-être soit :
- manuelle (poignée),
- électrique (commande à distance).

Quels appareils ?

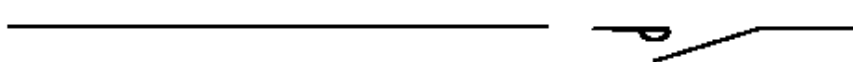
◇ interrupteur, 

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

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

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

◇ commutateur,

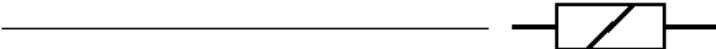
◇ contacteur, 

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

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

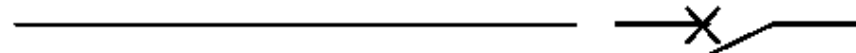
- la durée de fonctionnement : service 8h, ininterrompu, intermittent, temporaire de 3, 10, 30, 60 et 90 minutes ;
- la catégorie d'emploi : (définition : voir tableau ci-dessous) par exemple un contacteur de catégorie AC3 assure le démarrage et l'arrêt d'un moteur à cage ;
- la fréquence des cycles de manoeuvre (1 à 1200 cycles par heure) ;
- l'endurance mécanique (nombre de manoeuvres à vide) ;
- l'endurance électrique (nombre de manoeuvres en charge) ;
- un pouvoir de coupure et un pouvoir de fermeture assignée fonction de la catégorie d'emploi.

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

◇ télérupteur , 

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

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

◇ disjoncteur, 

I.2.1. Caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur

- **tension assignée(1) d'emploi U_e** : c'est la ou les tensions auxquelles l'appareil peut être utilisé. D'autres tensions sont également indiquées par le constructeur
- **courant assigné I_n** : c'est la valeur maximale du courant ininterrompu que peut supporter un disjoncteur équipé d'un déclencheur à une température ambiante précisée par le constructeur, en respectant les limites d'échauffement prescrites.
Exemple un C161N équipé d'un déclencheur D125 a un courant assigné I_n de 125 A à 40°C de température ambiante. On peut toutefois utiliser un disjoncteur à des températures ambiantes supérieures en le déclassant. Ainsi le disjoncteur de l'exemple précédent ne supportera plus que 117 A à 50°C et 109 A à 60 °C. le terme "assigné" utilisé dans les normes a une signification équivalente à l'ancien terme "nominal".
- **taille d'un disjoncteur** : Lorsqu'un disjoncteur peut être équipé de plusieurs déclencheurs de courants assignés différents, la taille du disjoncteur correspond au courant assigné le plus élevé des déclencheurs qui peuvent l'équiper. Exemple : un C630N peut recevoir les déclencheurs D400 ($I_n = 400$ A), D500 ($I_n = 500$ A), D630 ($I_n = 630$ A) La taille du disjoncteur est 630 A.
- **courant de réglage (I_{rth} ou I_r) des déclencheurs de surcharge** : A l'exception des disjoncteurs Multi 9 facilement interchangeables, les disjoncteurs industriels sont équipés

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

Exemple: Un C401N équipé d'un déclencheur D320 réglé à 0,9 a un courant de réglage :
 $I_r = 320 \times 0,9 = 288 \text{ A}$ (figure 1)

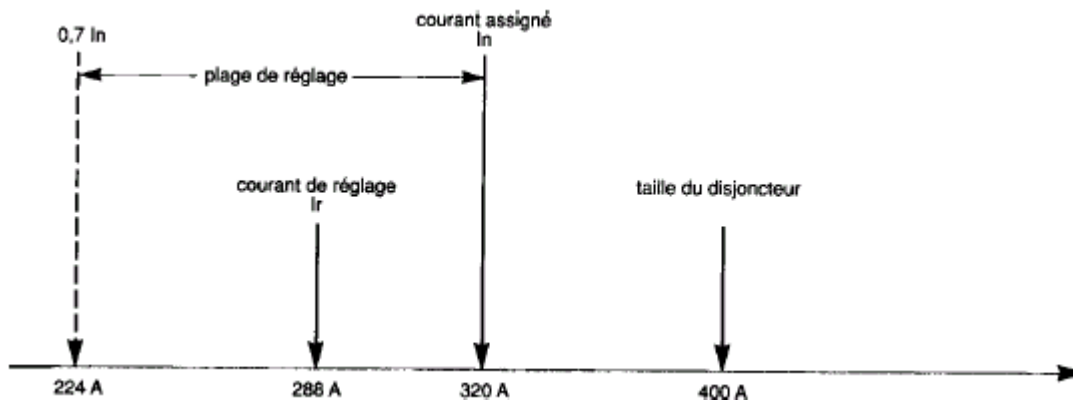


Figure 1

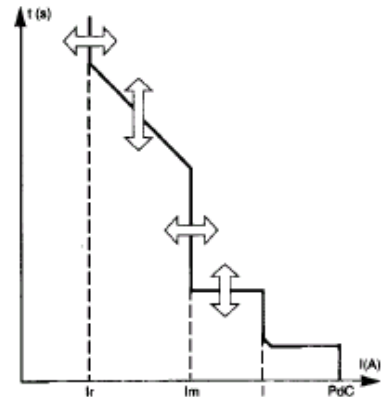
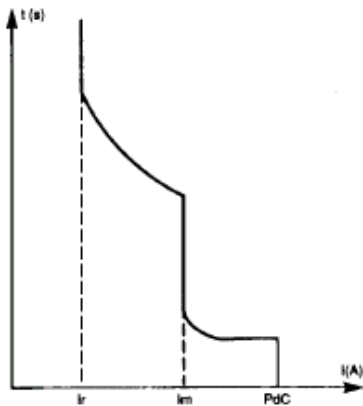
Nota : Pour les appareils à déclencheur non réglables $I_r = I_n$ par exemple, disjoncteur C60N 20A : $I_r = I_n = 20 \text{ A}$

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

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

- soit fixé par la norme pour les disjoncteurs domestiques régis par la norme NF C 61-410,
- soit indiqué par le constructeur pour les disjoncteurs industriels régis par la norme CEI 947

Pour ces derniers, il existe une grande variété de déclencheurs permettant à l'utilisateur de disposer d'un appareil bien adapté aux caractéristiques du circuit à protéger, même dans les cas les plus particuliers.



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

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

Les conditions de détermination du pouvoir de coupure sont fixées par les normes et comportent :

- séquence de manoeuvre le disjoncteur effectue une succession de manoeuvres : ouverture puis fermeture/ouverture sur court-circuit (cycle O.FO).
- déphasage courant/tension lorsque tension et courant sont en phase ($\cos\varphi = 1$), le courant de court-circuit est plus facile à interrompre.

C'est beaucoup plus difficile lorsque le $\cos\varphi$ est faible. Les normes définissent donc le $\cos\varphi$ auquel doit être déterminé le pouvoir de coupure d'un appareil. Il est d'autant plus faible que le pouvoir de coupure est élevé car les disjoncteurs correspondants sont installés à proximité des transformateurs et jeux de barres dont l'impédance est essentiellement selfique.

- test post coupure : après le cycle 0-F0 on s'assure que le disjoncteur est encore apte à assurer un fonctionnement réduit (tenue diélectrique, fonctionnement des déclencheurs, aptitude au sectionnement).

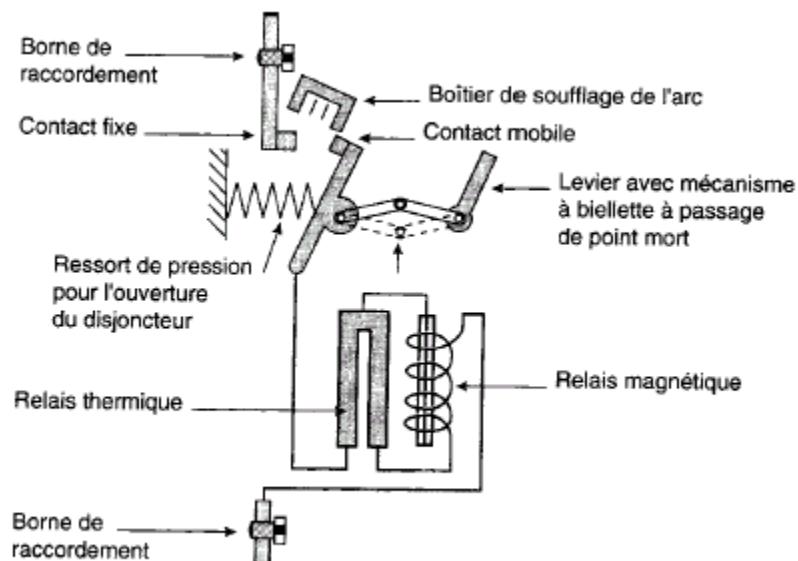


Figure 2 Schéma général d'un disjoncteur magnéto-thermique

I.2.2. Courbes de déclenchement B, C, D, Z (norme CET 947.2)

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

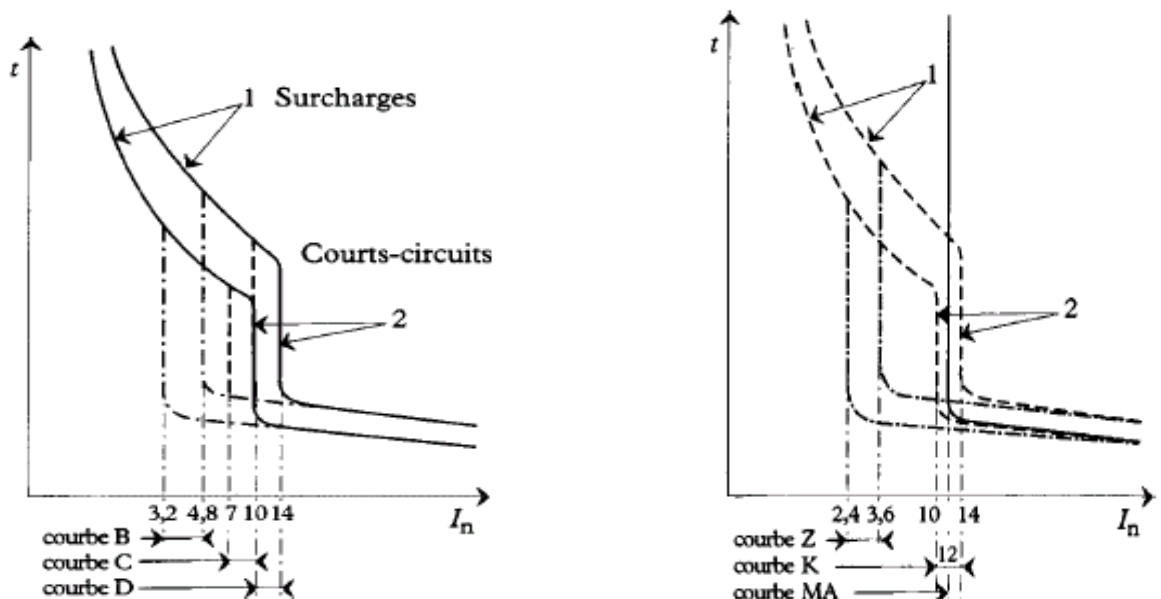
Commande de protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations n'occasionnant pas de pointe de courant à la mise sous tension : installations domestiques, circuits de cuisson et de chauffage, éclairage comportant un petit nombre de lampes, prises de courant, etc. Protection des personnes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

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

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

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

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



Courbe Z (fig.4) Déclenchement entre $2,41 I_n$ et $3,61 I_n$

Protection des circuits électroniques : diodes, transistors, triacs, etc. contre les faibles surcharges de longue durée et contre les courts-circuits.

Courbe K (fig.4) Déclenchement entre $10 I_n$ et $14 I_n$

Commande et protection contre les surcharges et les courts-circuits d'installations présentant des courants d'appel importants, mais de durée plus brève.

Courbe MA (fig.4) Déclenchement $12 I_n$

Protection des circuits d'alimentation des moteurs : câbles et démarreurs contre les courts-circuits. Ce disjoncteur ne comporte qu'un déclencheur magnétique, il doit être associé à une protection thermique **adaptée**.

I.2.3. Choix d'un disjoncteur

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

Choix du dispositif de coupure :

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

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

Choix du type de déclencheur :

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

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

II. Sélectivité

Il y a sélectivité des protections si un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, est éliminé par l'appareil de protection placé immédiatement en amont du défaut et lui seul. La sélectivité entre deux disjoncteurs A et B est totale si B fonctionne pour toute valeur de court-circuit jusqu'au courant de court-circuit franc triphasé au point où il est placé. La sélectivité est partielle si B fonctionne seul jusqu'à un courant de court-circuit présumé I_c inférieur à $I_{cc} B$. Au delà de cette valeur, A et B fonctionnent simultanément (fig. 5).

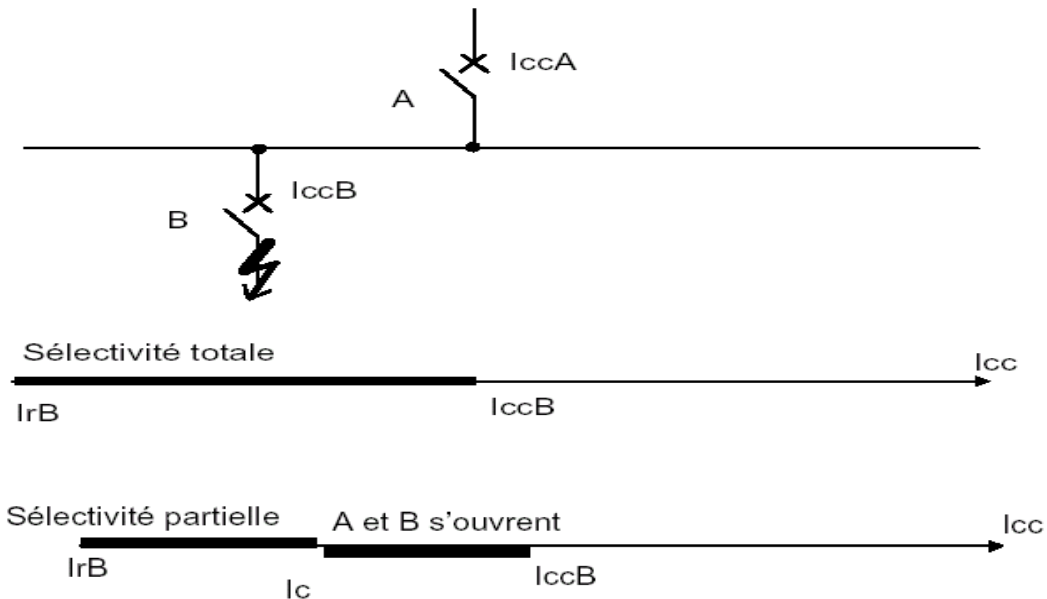


Figure 5

II.1. Sélectivité ampèremétrique :

Elle repose sur le décalage en intensité des courbes de protection. Elle est totale si le courant de court-circuit en aval de B I_{ccB} est inférieur au seuil de déclenchement magnétique I_{rmA} . Sinon elle est partielle. La sélectivité ampèremétrique est d'autant plus étendue que les calibres des disjoncteurs amont et aval sont différents. Réalisée avec des disjoncteurs rapides elle est souvent partielle et son niveau est seulement I_{rmA} (fig.6).

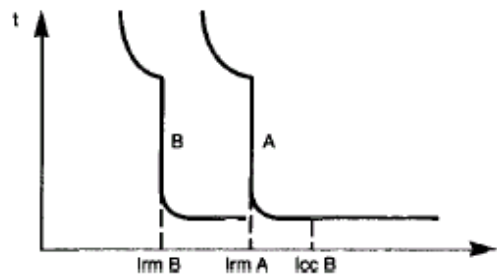


Figure 6

II.2. Sélectivité chronométrique :

Elle repose sur le décalage temporel des courbes de déclenchement et se détermine graphiquement (fig. 7)

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

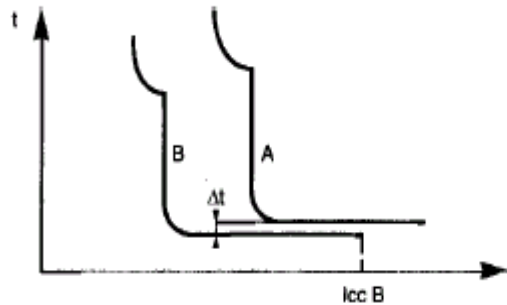


Figure 7

III. Filiation

III.1. Définition de la filiation :

C'est l'utilisation du pouvoir de limitation du disjoncteur « Compact » (il s'agit d'un produit Merlin Gérin), lequel permet d'installer en aval des disjoncteurs moins performants. Les Compact jouent alors un rôle de barrière pour les forts courants de court-circuit. Ils permettent ainsi l'installation en aval de disjoncteurs ayant un pouvoir de coupure très inférieur au courant de court-circuit présumé.

III.2. Conditions de mise en œuvre

La norme NF C 15-100 autorise ce type d'association à condition que l'énergie que laisse passer le disjoncteur amont ne soit pas supérieure à celle que peut supporter sans dommage le ou les disjoncteurs aval bénéficiant du pouvoir de limitation du disjoncteur amont.

Cela ne peut être vérifié que par des essais en laboratoire, et les associations possibles doivent être données par les constructeurs.

Les possibilités de filiation des disjoncteurs Compact sont données dans le guide du catalogue distribution BT.

III.3. Avantages de la filiation

La limitation du courant se faisant tout au long des circuits contrôlés par le disjoncteur limiteur, la filiation concerne tous les appareils placés en aval de ce disjoncteur. Elle n'est donc pas restreinte à 2 appareils consécutifs et peut être utilisée entre disjoncteurs situés dans des tableaux différents. Il en résulte que l'installation d'un seul disjoncteur limiteur peut engendrer des simplifications et des économies importantes pour toute l'installation aval :

- simplification des calculs de courants de court-circuit en aval, ces courants étant fortement limités,
- simplification du choix des appareils,
- économie sur ces appareils puisque la limitation des courants de court-circuit permet d'utiliser des appareils moins performants donc moins chers,
- économie sur les enveloppes puisque les appareils moins performants sont en général moins encombrants.