

# Chapitre H

## L'appareillage BT : fonctions et choix

### Sommaire

<b>1</b>	<b>Les fonctions de base de l'appareillage électrique BT</b>	<b>H2</b>
	1.1 Protection électrique	H2
	1.2 Sectionnement	H3
	1.3 La commande	H4
<b>2</b>	<b>L'appareillage</b>	<b>H5</b>
	2.1 Les appareils simples	H5
	2.2 Les fusibles	H6
	2.3 Les appareils combinés	H9
<b>3</b>	<b>Choix de l'appareillage</b>	<b>H11</b>
	3.1 Fonctions réalisées	H11
	3.2 Choix du type d'appareillage	H11
<b>4</b>	<b>La solution disjoncteur</b>	<b>H12</b>
	4.1 Normes et description	H11
	4.2 Caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur	H14
	4.3 Autres caractéristiques d'un disjoncteur	H16
	4.4 Choix d'un disjoncteur	H19
	4.5 Coordination entre les disjoncteurs	H24
	4.6 Sélectivité MT/BT dans un poste d'abonné à comptage BT	H29

H1

**Nota :**

Les spécificités des normes et réglementations françaises sont présentées sur un fond gris.

# 1 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),

Pour la France, la norme d'installation NF C 15-100 et le décret du 14/11/88 sont à respecter.

- le rôle, les fonctions et les performances de l'appareillage (les normes produits CEI 60947 pour l'appareillage de type industriel).

Les principales fonctions sont :

- protection électrique,
- sectionnement,
- commande.

Les fonctions principales remplies par les différents appareillages électriques sont indiquées dans la **Figure H1**.

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 voltmétriques 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.

Protection électrique contre	Sectionnement	Commande
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Les courants de surcharge</li> <li>■ Les courants de court-circuit</li> <li>■ Les défauts d'isolement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ A coupure pleinement apparente</li> <li>■ A coupure visible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Commande fonctionnelle</li> <li>■ Coupure d'urgence</li> <li>■ Arrêt d'urgence</li> <li>■ Coupure pour entretien mécanique</li> </ul>

Fig. H1 : Fonctions de base de l'appareillage électrique BT

La protection électrique est destinée à éviter tous les dangers et dégâts inhérents aux risques électriques pour les installations, les récepteurs et les personnes.

## 1.1 Protection électrique

Le rôle de la protection électrique est d'éviter ou de limiter les conséquences destructives et dangereuses des surintensités ou des défauts d'isolement, et de séparer le circuit défectueux du reste de l'installation.

Une distinction est faite entre les protections :

- des éléments de l'installation ou circuits (câbles, câblages, appareillages, etc.),
- des personnes et des animaux,
- des équipements et des appareils alimentés par l'installation.

### Les circuits

Ils doivent être protégés contre :

- les courants de surcharge : cela correspond à un courant excessif circulant dans une installation saine (sans défaut),
- les courants de court-circuit, dus, par exemple, à la rupture d'un isolant entre phases ou entre phase et neutre, ou (par exemple en schéma TN) entre phase et conducteur PE.

La protection dans ces deux cas est assurée par un disjoncteur ou un appareillage à fusible installé en amont dans le tableau de distribution. Certaines dérogations à cette règle sont autorisées dans les normes nationales pour les circuits terminaux (c'est à dire pour les circuits alimentant directement les charges) comme indiqué au chapitre G paragraphe 1.4.

### Les personnes

Pour éliminer les risques d'électrocution, la protection agit contre les défauts d'isolement : selon le schéma des liaisons à la terre de l'installation BT (schémas TN, TT ou IT), la protection est assurée par des fusibles ou des disjoncteurs, des dispositifs différentiels à courant résiduel et/ou des contrôleurs permanents de la résistance d'isolement de l'installation à la terre.

# 1 Les fonctions de base de l'appareillage électrique BT

## Les moteurs

Ils doivent être protégés contre :

- les défauts thermiques : sur-échauffements, dus, par exemple, à une charge entraînée trop importante, à un calage de rotor, à un fonctionnement sur deux phases. La protection est assurée par des relais thermiques spécialement conçus pour les caractéristiques particulières des moteurs (voir chapitre N paragraphe 5). Ces relais peuvent être intégrés dans certains disjoncteurs (par exemple, disjoncteur Compact NSX équipé d'un déclencheur Micrologic 6 E-M).
- les courants de court-circuit : la protection est assurée soit par des fusibles type aM (accompagnement Moteur), soit par des disjoncteurs moteurs (équipés ou non d'une protection thermique).

La position «sectionnée» d'un appareil apte au sectionnement doit être clairement identifiée :

- soit par un indicateur visible,
- soit par la séparation visible des contacts.

## 1.2 Sectionnement

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

La NF C 15-100 § 462-1 et le "décret de protection des travailleurs" du 14/11/88 article 9 imposent que tout circuit électrique d'une installation électrique puisse être sectionné.

Dans la pratique, afin d'assurer une continuité de service optimale, on installe généralement un dispositif de sectionnement à l'origine de chaque circuit.

La NF C 15-100 § 536-2 définit les conditions à respecter pour qu'un appareil remplisse la fonction de sectionnement.

Un appareil apte au sectionnement doit répondre aux exigences suivantes :

- tous les conducteurs d'un circuit y compris le conducteur neutre (hormis s'il s'agit d'un conducteur PEN) doivent être simultanément coupés<sup>(1)</sup>,
- il doit être verrouillable ou cadenassable en position "ouvert" afin d'éviter toute refermeture non intentionnelle, au moins en milieu industriel,
- Il doit être conforme aux normes de constructions internationales CEI 60947-1 et -3 et aux normes d'installation en vigueur dans le pays en particulier concernant la distance entre les contacts ouverts, les lignes de fuite, la tenue aux surtensions, etc.

D'autres exigences s'appliquent :

- vérification de l'ouverture des contacts.

Elle peut être :

- soit visuelle pour les appareils à coupure visible (les normes nationales d'installation peuvent imposer cette condition pour un appareillage sectionneur installé à l'origine d'une installation BT alimentée directement par un transformateur MT/BT).

La NF C 13-100 impose un tel dispositif de sectionnement à l'origine d'une installation BT alimentée par un poste MT/BT privé (par ex : Visucompact, appareil débouchable).

- soit mécanique pour les appareils à coupure pleinement apparente comportant un indicateur reflétant la position des contacts. Dans ce dernier cas, les dispositions constructives garantissent qu'en cas de contacts soudés l'indicateur ne peut indiquer que l'appareil est ouvert.

- mesure des courants de fuite, appareil ouvert.

On vérifie, appareil ouvert, que les courants de fuite sont inférieurs à :

- 0,5 mA pour un appareil neuf et,
- 6,0 mA appareil en fin de vie.
- tenue aux ondes de tension de choc.

Elle se vérifie par la tenue du matériel en son lieu d'installation en appliquant entre contact d'entrée et de sortie une onde 1,2/50  $\mu$ s de valeur 5 ou 8 ou 10 kV selon la tension de service (cf. **Figure H2**). Le matériel doit tenir ces valeurs jusqu'à une altitude de 2000 m ; en conséquence, pour des essais de matériel effectués en bord de mer, ces valeurs sont à majorer de 23 % pour prendre en compte l'influence de l'altitude. Voir les normes CEI 60947 (série) en particulier les normes CEI 60947-3

Le sectionnement à coupure pleinement apparente et le sectionnement à coupure visible répondent à des définitions précises de la NF C 15-100.

H3

Tension de service (V)	Tenue à l'onde de choc (kV)
230/400	5
400/690	8
1000	10

Fig. H2 : Valeur crête de la tension de choc selon la tension de service de l'équipement

(1) L'ouverture simultanée de tous les conducteurs actifs, bien que non obligatoire, est en outre fortement recommandée pour des raisons de plus grande sécurité et de facilité de manœuvre. Selon la norme CEI 60947-1, le contact du neutre doit s'ouvrir après les contacts des phases et se refermer avant les contacts des phases.

# 1 Les fonctions de base de l'appareillage électrique BT

Les fonctions de commande permettent à l'utilisateur d'intervenir volontairement sur le fonctionnement de l'installation. Elles regroupent :

- commande fonctionnelle,
- coupure ou arrêt d'urgence,
- coupure pour entretien mécanique.

## 1.3 La commande

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

### Commande fonctionnelle

Elle est destinée à assurer en service normal la mise "sous tension" et "hors tension" de tout ou partie de l'installation ou d'un récepteur.

Un dispositif assurant cette fonction doit être installé au minimum :

- à l'origine de toute installation,
- au niveau des récepteurs (un seul dispositif de commande pouvant mettre sous tension plusieurs récepteurs).

Le repérage doit être clair.

Par ailleurs, afin d'obtenir un maximum de souplesse en exploitation et de continuité de service (lorsque la commande et la protection sont assurées par le même dispositif), il est souhaitable d'en prévoir un à tous les étages de la distribution.

La manœuvre peut être :

- soit manuelle (par action sur la poignée du dispositif)
- soit électrique (commande à distance, délestage-relestage...).

Les dispositifs de commande fonctionnelle qui assurent en même temps une fonction de protection sont, en général, à coupure omnipolaire<sup>(1)</sup>.

Le dispositif général de commande d'une installation BT ainsi que ceux assurant la permutation des sources doivent être à coupure omnipolaire.

### Coupure d'urgence-arrêt d'urgence

La coupure d'urgence est destinée à mettre hors tension un appareil ou un circuit qu'il serait dangereux de maintenir sous tension (choc électrique, incendie).

L'arrêt d'urgence est une coupure d'urgence destinée à arrêter un mouvement devenu dangereux. Dans les deux cas :

- le dispositif ou son organe de manœuvre local ou à distance (commande de type "coup de poing") doit être aisément reconnaissable, rapidement accessible et situé à proximité de tout endroit où le danger peut se produire ou être perçu,
- la coupure en une seule manœuvre (ou coupure simultanée) et en charge de tous les conducteurs actifs est exigée<sup>(2) (3)</sup>,
- la mise "sous bris de glace" est autorisée, mais dans les installations non surveillées la remise sous tension ne doit pouvoir se faire qu'à l'aide d'une clef détenue par le responsable.

A noter que dans certains cas, l'arrêt d'urgence peut impliquer la mise en œuvre de système de freinage énergétique et le maintien des alimentations correspondantes jusqu'à l'arrêt effectif.

### Coupure pour entretien mécanique

Cette fonction est destinée à assurer la mise et le maintien à l'arrêt d'une machine pendant des interventions sur les parties mécaniques, sans nécessiter sa mise hors tension. Elle est généralement assurée par un dispositif de commande fonctionnelle.

H4

(1) La coupure des conducteurs phases et (si approprié) la coupure du conducteur neutre.

(2) Prendre en compte la coupure du courant de surcharge d'un moteur bloqué.

(3) En schéma TNC, le conducteur PEN ne doit cependant pas être coupé puisqu'il assure une fonction de protection.

Correspondance :  
CEI 60947-3 et NF EN 60947-3



Fig. H3 : Symbole d'un sectionneur

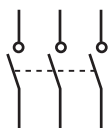


Fig. H4 : Symbole d'un interrupteur

## 2.1 Les appareils simples

### Sectionneur (cf. Fig. H3)

C'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 CEI 60947-3. Un sectionneur n'est pas conçu pour fermer et couper un courant de charge<sup>(1)</sup>. Aucune valeur pour ces deux manœuvres n'est indiquée dans sa norme produit.

Un sectionneur doit cependant être apte à supporter le passage de courants de court-circuit et, de ce fait, possède un courant assigné de courte durée admissible, généralement pour 1 seconde, à moins d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur. Cette caractéristique est normalement plus que suffisante pour qu'il puisse supporter des courants de surcharge normaux (d'intensité plus faible) pendant des périodes plus longues, telles que les courants de démarrage de moteurs.

D'autres caractéristiques normalisées doivent aussi être satisfaites par les appareils sectionneurs telles que l'endurance mécanique, la tenue aux surtensions et la valeur des courants de fuite.

### Interrupteur (à coupure en charge) (cf. Fig. H4)

Cet appareil est généralement commandé manuellement (mais il peut être équipé d'une commande électrique pour le confort d'utilisation). C'est un appareil non automatique à deux positions (ouvert/fermé).

L'interrupteur doit être capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris éventuellement des courants de surcharge en service.

L'interrupteur n'est pas conçu pour assurer la protection des circuits qu'il commande.

Les normes CEI 60947-3 définissent :

- la fréquence du cycle de manœuvre (maximum 600/heure),
- l'endurance mécanique et électrique (généralement inférieure à celle d'un contacteur),
- les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure dans des conditions normales et occasionnelles.

Quand un interrupteur met sous tension un circuit, il y a toujours le risque qu'un court-circuit non prévisible soit présent sur le circuit. Pour cette raison, les interrupteurs ont des courants assignés de fermeture, c'est à dire qu'ils sont capables de se fermer correctement sur un court-circuit malgré les forces électrodynamiques développées par le courant de court-circuit. Dans les pays anglo-saxons, de tels interrupteurs sont dénommés des «fault-make load-break switches». Ce sont les dispositifs de protection en amont qui doivent éliminer ce courant de court-circuit.

- les catégories d'emploi.

Les catégories d'emploi décrites dans le tableau de la **Figure H5** ne s'appliquent pas à un appareil utilisé pour démarrer, accélérer et/ou arrêter directement un moteur.

La catégorie AC-23 permet la commande directe de moteurs. L'emploi d'un interrupteur pour la commande des batteries de condensateurs ou de lampes à filament de tungstène doit être soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Catégorie d'emploi		Applications caractéristiques	Cos φ	Pouvoir de fermeture x In	Pouvoir de coupure x In
Manœuvres fréquentes	Manœuvres non fréquentes				
AC-20A	AC-20B	Fermeture et ouverture à vide	-	-	-
AC-21A	AC-21B	Charges résistives, y compris surcharges modérées	0,95	1,5	1,5
AC-22A	AC-22B	Charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées	0,65	3	3
AC-23A	AC-23B	Charges constituées par des moteurs ou autres charges fortement inductives	0,45 à I ≤ 100 A 0,35 à I > 100 A	10	8

Fig. H5 : Catégories d'emploi d'un interrupteur en courant alternatif selon CEI 60947-3

(1) un sectionneur BT est un appareil qui peut «commander» des équipements uniquement hors tension, de part et d'autre de ses contacts, en particulier lors de la fermeture, à cause du risque d'un court-circuit non prévisible en aval. Le verrouillage avec un interrupteur ou un disjoncteur installé en amont est fréquemment utilisé.

H5

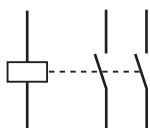


Fig. H6 : Symbole d'un télérupteur

**Exemple**

Un interrupteur de calibre 10 In (1000 A) de catégorie d'emploi AC-23 (circuit inductif) doit :

- établir 10 In (1000 A) à  $\cos \varphi = "0,35"$ ,
- couper 8 In (800 A) à  $\cos \varphi = "0,45"$ ,
- et avoir une tenue aux courants de court-circuit de courte durée, l'appareil étant fermé.

**Télérupteur (cf. Fig. H6)**

Ce dispositif est de plus en plus utilisé pour la commande des circuits d'éclairage. Une simple pression sur un bouton poussoir (fonction de commande à distance) permet d'ouvrir un interrupteur fermé ou de fermer un interrupteur ouvert dans une séquence bistable.

Les applications types sont :

- interrupteur «va-et-vient» dans les couloirs de circulation et les escaliers des grands immeubles,
- système d'éclairage scénique,
- commande d'éclairage d'usine, etc.

Le télérupteur peut être équipé d'auxiliaires pour réaliser :

- l'indication à distance en temps réel de son état,
- le fonctionnement temporisé,
- la fonction contact maintenu.

Correspondance :  
CEI 60947-4-1 et NF EN 60347-1

H6

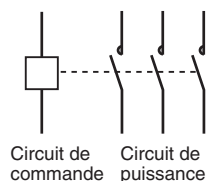


Fig. H7 : Symbole d'un contacteur

**Contacteur (cf. Fig. H7)**

Le contacteur est un appareil de connexion à bobine commandée qui est généralement maintenu fermé par un courant permanent (réduit) circulant dans la bobine (bien qu'il existe des variantes à maintien mécanique pour des applications particulières). Les contacteurs sont conçus pour effectuer un nombre très important de cycles de manœuvres «fermé/ouvert» et sont généralement commandés à distance par des boutons poussoirs ou des interrupteurs. Les caractéristiques et le nombre de cycles de manœuvres sont définis dans les normes CEI 60947-4-1 :

- la durée de fonctionnement : service continu (8 h), ininterrompu, intermittent, temporaire (par exemple : 3, 10, 30, 60 ou 90 minutes),
- les catégories d'emploi : par exemple, un contacteur de la catégorie AC3 peut être utilisé pour démarrer et arrêter un moteur à cage d'écureuil,
- la fréquence des cycles de manœuvre (1 à 1 200 cycles par heure),
- l'endurance mécanique (nombre de manœuvres à vide),
- l'endurance électrique (nombre de manœuvres en charge),
- les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure fonction de la catégorie d'emploi.

**Exemple :**

Un contacteur de calibre 150 A et de catégorie d'emploi AC3 doit posséder :

- un pouvoir de coupure minimal de 8 In (1 200 A),
- et un pouvoir de fermeture minimal de 10 In (1 500 A) sous  $\cos \varphi = 0,35$ .

**Démarrateur direct ou discontacteur<sup>(1)</sup>**

Un contacteur équipé d'un relais thermique pour la protection contre les courants de surcharge est appelé « discontacteur ». Les discontacteurs sont de plus en plus utilisés, par exemple pour la commande à distance par bouton-poussoir des circuits d'éclairage, et peuvent être considérés comme un élément essentiel dans la commande des moteurs.

*Deux types de fusibles :*

- à usage domestique,
- à usage industriel type gG, gM ou aM.

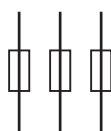


Fig. H8 : Symbole des fusibles

**2.2 Les fusibles (cf. Fig. H8)**

Le principe de la protection par fusibles repose sur la fusion contrôlée d'un élément fusible, fusion qui intervient après un temps donné pour un courant donné. Les caractéristiques temps-courant de chaque type et pour chaque calibre de fusible sont présentées sous la forme de courbes de performances typiques.

**Caractéristiques des fusibles**

Les normes définissent deux classes de fusibles :

- ceux destinés à des usages domestiques, cartouche de calibre jusqu'à 100 A de type gG (CEI 60269-1 et 3),
- ceux destinés à des usages industriels, cartouche de calibre jusqu'à 1000 A de type gG, gM et/ou aM (CEI 60269-1).

Les différences principales entre les fusibles de type domestique et ceux de type industriel sont :

- la tension nominale et les niveaux de courant assigné,
- leur taille : plus le calibre est important, plus la taille de la cartouche est importante,
- leur pouvoir de coupure.

(1) Ce terme n'est pas défini dans les publications CEI (en particulier dans le dictionnaire VEI, CEI 60050) mais il est d'un usage courant dans beaucoup de pays.



## 2 L'appareillage

Correspondance :  
CEI 60947-4-1 et NF EN 60347-1

Bien qu'un fusible de type gM ait une caractéristique de protection contre les courants de surcharge, il doit aussi être associé à un relais thermique.

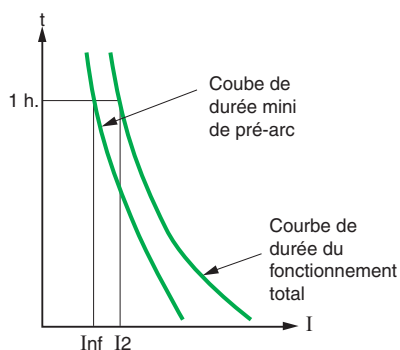


Fig. H9 : Zones de fusion et de non fusion pour fusible gG et gM

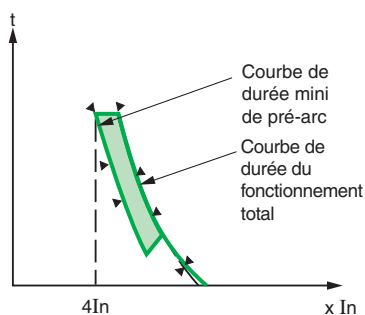


Fig. H11 : Zones de fusion normalisée pour fusible aM (tous courants assignés)

La première lettre indique la zone de :

- élément de remplacement (fusible)<sup>(2)</sup> « g » : élément capable de couper tous les courants,
- élément de remplacement (fusible) « a » : élément capable de couper une partie des courants.

La deuxième lettre indique la catégorie d'utilisation : cette lettre définit avec précision les caractéristiques temps-courant, les temps et les courants conventionnels, les balises.

Par exemple :

- «gG» désigne les fusibles pour usage général pouvant couper tous les courants,
- «gM» désigne les fusibles pour la protection des circuits de moteurs et pouvant couper tous les courants,
- «aM» désigne les fusibles pour la protection des circuits de moteurs et ne pouvant couper qu'une partie des courants.

Les fusibles peuvent être prévus avec ou sans indicateur mécanique de « fusion fusible ».

Les fusibles de type gG sont souvent utilisés pour la protection des départs moteurs, ce qui est possible quand leurs caractéristiques sont capables de supporter le courant de démarrage du moteur sans détérioration.

Un développement récent a été l'adoption par la CEI d'un fusible de type gM pour la protection des moteurs, conçu pour couvrir les conditions de démarrage et de court-circuit. Ce type de fusible est fréquemment utilisé dans les pays anglo-saxons. Cependant, la protection moteur la plus largement utilisée est l'association d'un fusible aM et d'un relais thermique.

Un fusible gM est caractérisé par deux valeurs de courant assigné : « InMICH » par exemple « 32M63 ».

- La première valeur In définit à la fois le calibre thermique du fusible et la taille du support fusible.
- La seconde valeur Ich définit la caractéristique temps-courant de type G du fusible ainsi que les balises des tableaux II, III et IV de la norme CEI 60269-1.

Ces deux calibres sont séparés par une lettre qui définit l'application.

Par exemple InMICH définit un fusible destiné à être utilisé pour la protection des départs moteurs avec une caractéristique de type G.

Pour plus de détails, voir la note à la fin de ce paragraphe.

Un fusible de type aM est caractérisé par un courant In et une caractéristique temps-courant comme indiquée sur la **Figure H11**.

Note importante : des normes nationales présentent un fusible de type gI (type industriel) similaire pour toutes les principales caractéristiques au fusible de type gG. Les fusibles de type gI ne doivent cependant jamais être utilisés dans des applications domestiques ou analogues.

### Zones de fusion - courants conventionnels

Les conditions de fusion d'un fusible sont définies par les normes selon leur classe.

#### Fusibles de type G

Ces fusibles permettent d'assurer la protection contre les surcharges et les courts-circuits.

Les courants conventionnels de non fusion et de fusion sont normalisés

(cf. **Figure H9** et **Figure H10**).

Courant assigné <sup>(1)</sup> In (A)	Courant conventionnel de non fusion Inf	Courant conventionnel de fusion I2	Temps conventionnel (h)
In ≤ 4 A	1,5 In	2,1 In	1
4 < In < 16 A	1,5 In	1,9 In	1
16 < In ≤ 63 A	1,25 In	1,6 In	1
63 < In ≤ 160 A	1,25 In	1,6 In	2
160 < In ≤ 400 A	1,25 In	1,6 In	3
400 < In	1,25 In	1,6 In	4

Fig. H10 : Courants et temps conventionnels pour les fusibles de type «gG» et «gM» (Tableau 2 de la norme CEI 60269-1)

(1) Ich pour les fusibles de type gM.

(2) dénommé couramment cartouche fusible ou fusible.

Correspondances :  
 CEI 60269-1 et NF EN 60269-1  
 CEI 60929-1 et NF EN 60929-1  
 CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

La classe aM protège contre les courts-circuits et s'utilise obligatoirement en association avec une protection contre les surcharges.

H8

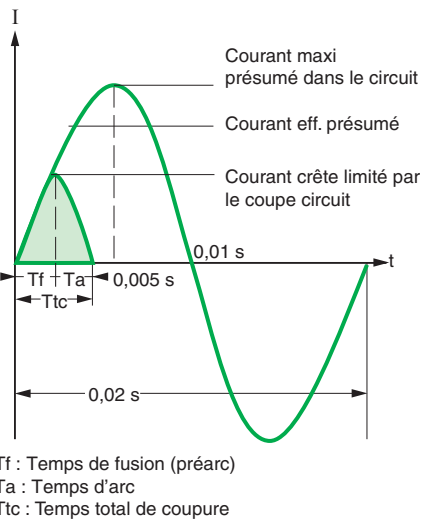


Fig. H12 : Courant limité par un fusible

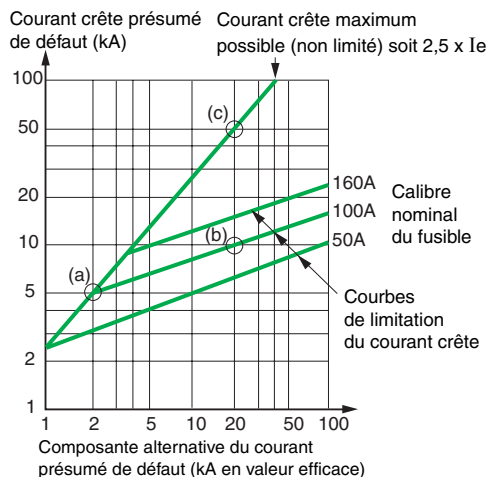


Fig. H13 : Limitation du courant crête en fonction du courant efficace présumé de défaut pour des fusibles BT

- Le courant conventionnel de non fusion  $I_{nf}$  est la valeur du courant que peut supporter l'élément fusible pendant un temps spécifié sans fondre.  
 Exemple : un fusible de 32 A traversé par un courant de  $1,25 I_n$  (soit 40 A) ne doit pas fondre avant 1 heure.
- Le courant conventionnel de fusion  $I_f$  est la valeur du courant qui provoque la fusion avant l'expiration du temps spécifié.  
 Exemple : un fusible de 32 A traversé par  $1,6 I_n$  (soit 52,1 A) doit fondre avant 1 heure.

Pour chaque calibre de fusible, les essais de la norme CEI 60929-1 imposent à la caractéristique temps-courant de fusion d'un fusible de se situer entre deux courbes limites (voir la **Figure H9**). Cela signifie que deux fusibles de même calibre et de même type peuvent avoir des temps de fusion très différents particulièrement pour des courants de surcharge de faible valeur.

■ Des deux exemples de caractéristiques de courants conventionnels (précisées pour un fusible de 32 A) complétées par les informations sur les caractéristiques temps-courants exigées et vérifiées par les essais de la norme CEI 60269-1, il ressort que les fusibles ont une performance réduite de protection dans la zone des courants de surcharge de faible intensité.

■ Il est de ce fait nécessaire d'installer une canalisation dimensionnée plus largement que pour le courant d'emploi du circuit (en effet la canalisation a une tenue thermique maximale de 1,45 fois son courant nominal par rapport à une protection par fusible pouvant déclencher jusqu'à 1,6 fois son courant assigné, pour des fusibles de calibre supérieur à 16 A).

Note : pour un disjoncteur selon la norme CEI 60947-2, aucun surdimensionnement n'est requis car il doit déclencher entre 1,05 et 1,25 fois son courant assigné (donc  $<< 1,45 I_z$ ).

#### Fusibles de type aM (accompagnement moteur)

Ces fusibles n'assurent que la protection contre les courts-circuits et s'utilisent surtout en association avec d'autres appareils (disjoncteurs, disjoncteurs) afin d'assurer la protection contre toute surcharge  $< 4 I_n$ . Ils ne sont donc pas autonomes. Les fusibles aM n'étant pas prévus pour une protection contre les faibles surcharges, les courants conventionnels de fusion ou non fusion ne sont pas fixés. Ils fonctionnent à partir de  $4 I_n$  environ (cf. Figure H11).

Note : La norme CEI 60269-1 impose deux balises minimales et deux balises maximales qui encadrent les courbes de caractéristiques temps-courant.

#### Courants de court-circuit coupés normalisés

Une caractéristique des cartouches fusibles est que, dû à sa rapidité de fusion pour des courants de court-circuit de forte intensité, la coupure du courant commence avant la première pointe de courant présumée, de sorte que le courant de défaut n'atteint jamais la valeur crête présumée (cf. **Fig. H12**). Cette limitation de courant réduit significativement les contraintes thermiques et électrodynamiques qui auraient lieu sans limitation, ce qui réduit aussi les dommages et les dangers au point de défaut.

Le courant de court-circuit coupé normalisé est basé sur la valeur efficace de la composante alternative du courant présumé de défaut (cas d'un courant de défaut symétrique).

Aucune valeur de courant de fermeture sur court-circuit n'est assignée à un fusible.

#### Rappel

Les courants de court-circuit comportent initialement des composantes continues, dont l'amplitude et la durée dépendent du rapport XL/R de la boucle de défaut.

Pour un défaut à l'origine de l'installation, à proximité de la source (transformateur MT/BT), le rapport  $I_{crête}/I_{efficace}$  immédiatement après l'instant du défaut ( $< 10$  ms) peut atteindre 2,5 (valeurs normalisées selon le courant présumé de défaut par les normes CEI et indiquées sur la **Figure H13**).

Pour un défaut en aval, éloigné de l'origine de l'installation, le rapport XL/R diminue et, en particulier, pour des défauts sur les circuits terminaux, le rapport  $I_{crête}/I_{efficace} \approx 1,41$  (courant de défaut quasi symétrique)

Le phénomène de limitation du courant crête ne se produit que lorsque le courant présumé de défaut est au delà d'une certaine valeur. Par exemple sur le graphe de la Figure H13 :

- le fusible 100 A commence à limiter la crête à partir d'un courant présumé de défaut de 2 kA efficace (a),
- le même fusible limite à 10 kA crête (b) un courant présumé de défaut de 20 kA efficace,
- sans limitation, la crête de courant atteindrait 50 kA (c) dans ce cas.

Plus la position du défaut est éloigné de la source, plus la valeur du courant de défaut est faible. De ce fait, l'amplitude du courant présumé de défaut peut être insuffisante pour atteindre le seuil de limitation.

**Note** : sur les calibres des fusibles de type gM

Un fusible de type gM, soit InMICH, est caractérisé par deux nombres  $I_{ch}$  et  $I_n$  :

- le deuxième nombre définit la caractéristique de coupure de l'élément de type gG équivalent. La valeur  $I_{ch}$  est la valeur retenue pour réaliser les essais CEI. Mais un fusible de type gM ne peut supporter le courant  $I_{ch}$  que pendant une durée limitée (ce qui peut correspondre au courant de surcharge durant le temps de démarrage d'un moteur),

- le premier nombre définit le courant assigné  $I_n$  : c'est le dimensionnement du fusible. La dissipation thermique en service normal étant inférieure à la caractéristique de coupure, un élément de diamètre plus petit avec des parties métalliques réduites peut être utilisé.

Par exemple, la protection de moteurs de 10 à 20 A peut être réalisée par un fusible 32M63. Les courants de démarrage de durée limitée (de l'ordre de 60 A < 63 A) peuvent être supportés par le fusible et le courant du moteur en régime permanent, 10 à 20 A, est bien inférieur au courant assigné du fusible (32 A).

De plus, bien que un fusible de type gM ait une caractéristique apte à réaliser une protection contre les courants de surcharge, en pratique celle-ci n'est pas utilisée en protection moteur : un relais thermique de protection est toujours nécessaire avec la mise en œuvre d'une protection par fusible de type gM. Le seul avantage offert par un fusible de type gM, comparé à un fusible de type aM, est la réduction de sa taille physique et son coût légèrement plus faible.

### 2.3 Les appareils combinés

Ils permettent de réaliser les installations avec moins d'appareillage et moins d'études de compatibilité.

Les appareils simples ne réalisent pas simultanément les trois fonctions de base : protection, commande, sectionnement.

#### Combiné interrupteur fusible

Deux types sont à considérer :

- type interrupteur à déclenchement automatique : la fusion d'un (ou plusieurs) fusible(s) provoque l'ouverture de l'interrupteur. Cette fonction est réalisée par l'utilisation d'une cartouche fusible équipée d'un percuteur et, pour l'interrupteur, d'un dispositif de déclenchement à ressorts associé au mécanisme de commande manuelle (cf. **Fig. H14**),

- type interrupteur (non automatique ou automatique) : un interrupteur est associé à un jeu de fusibles dans le même coffret.

Dans certains pays (surtout anglo-saxons), les désignations d'interrupteur-fusible et de fusible-interrupteur ont des significations spécifiques (reconnues par la norme CEI 60947-3) :

- un interrupteur-fusible comprend un interrupteur tripolaire (généralement à double coupure par pôle) placé en amont de trois socles fixes, dans lesquels les cartouches fusibles sont insérées (cf. **Fig. H15**),

- un fusible-interrupteur consiste en trois contacts mobiles (couteaux) à double coupure par phase qui constituent les socles des fusibles. Les fusibles sont maintenus par des contacts à pression sur le contact mobile. Certains fusibles-interrupteurs n'ont seulement qu'une coupure par phase, comme l'indique le schéma de la **Figure H16**.

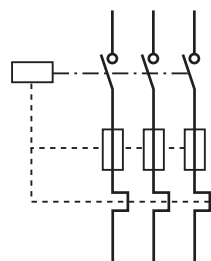
La plage de courants couverte par les fusibles-interrupteurs est limitée à 100 A pour une tension triphasée de 400 V, du fait que leur utilisation principale est dans les installations domestiques ou analogues.

#### Sectionneur-fusible ou fusible-sectionneur + discontacteur Interrupteur-sectionneur-fusible ou fusible-interrupteur-sectionneur + discontacteur

Comme mentionné précédemment, un discontacteur n'a pas de protection contre les courants de court-circuit. Il est donc nécessaire de la réaliser avec des fusibles (généralement de type aM). La combinaison est principalement utilisée pour les circuits de protection moteur, car le sectionnement de l'interrupteur-sectionneur permet des interventions en toute sécurité telles que :

- le changement des fusibles (avec sectionnement du circuit),
- l'intervention sur le circuit en aval du discontacteur (risque de fermeture à distance du discontacteur).

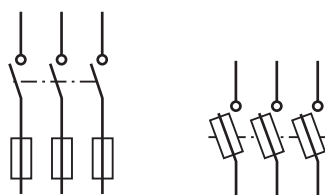
Un sectionneur-fusible n'a pas d'aptitude à la coupure en charge, aussi il doit être interverrouillé avec le discontacteur (cf. **Fig. H17**) afin que son ouverture et sa fermeture ne soient possibles que si le discontacteur est ouvert.



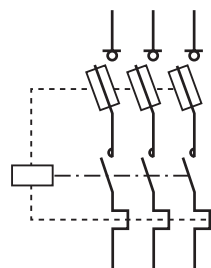
**Fig. H14** : Symbole d'un interrupteur-fusible automatique équipé d'un relais thermique



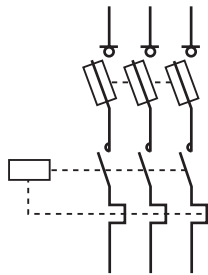
**Fig. H15** : Schéma d'un fusible-interrupteur non automatique



**Fig. H16** : Symbole d'un interrupteur-fusible et d'un fusible-interrupteur



**Fig. H17** : Schéma d'un sectionneur-fusible + discontacteur



**Fig. H18** : Schéma d'un interrupteur-sectionneur-fusible-discontacteur

Un interrupteur-sectionneur-fusible ne nécessite pas d'être interverrouillé avec un autre appareillage (contacteur). (cf. **Fig. H18**).

L'interrupteur doit être de classe AC22 ou AC23 si le circuit alimente un moteur.

**Disjoncteur + contacteur**

**Disjoncteur + discontacteur**

Ces associations sont utilisées dans les réseaux de distribution télécommandés qui ont un besoin d'un nombre de manœuvres très élevé, ou pour la commande et la protection des départs moteurs.

H10

# 3 Choix de l'appareillage

## 3.1 Fonctions réalisées

Le tableau de la **Figure H19** récapitule les aptitudes des différents appareils à remplir les fonctions de base.

	Sectionnement	Commande				Protection électrique		
		Fonctionnelle	Coupure d'urgence	Arrêt d'urgence	Coupure pour entretien mécanique	Surcharge	Court-circuit	Différentielle
Sectionneur <sup>(4)</sup>	■							
Interrupteur <sup>(5)</sup>	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■			
Interrupteur différentiel <sup>(5)</sup>	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■			■
Interrupteur/sectionneur	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■			
Contacteur		■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■ (3)		
Télerupteur		■	■ (1)		■			
Fusibles	■					■	■	
Disjoncteur		■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■	■	
Disjoncteur/sectionneur et ACP <sup>(5)</sup>	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■	■	
Disjoncteur différentiel <sup>(5)</sup>	■	■	■ (1)	■ (1) (2)	■	■	■	
Lieu d'installation (principe général)	A l'origine de chaque circuit	Partout où, pour, des raisons d'exploitation, il faut pouvoir interrompre l'exploitation	En général à l'origine de chaque tableau	Au niveau des circuits alimentant les machines	Au niveau des circuits alimentant les machines	A l'origine de chaque circuit	A l'origine	A l'origine des circuits avec les SLT TN-S, IT et TT
Textes réglementaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 462 et 536-2</li> <li>■ NF C 13-100 (4)</li> <li>■ décret du 14/11/88 art. 9</li> <li>■ NF EN ISO 12100 - 2 ( sécurité des machines - notions fondamentales) et NF EN 60204-1 (sécurité des machines - équipement électrique )</li> <li>■ règlement CNOMO (industrie automobile)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 465 et 536-5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 463 et 536-3</li> <li>■ décret du 14/11/88 art. 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 463</li> <li>■ NF EN ISO 12100 - 2 ( sécurité des machines - notions fondamentales) et NF EN 60204-1 (sécurité des machines - équipement électrique )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 464 et 536-4</li> <li>■ NF EN ISO 12100 - 2 ( sécurité des machines - notions fondamentales) et NF EN 60204-1 (sécurité des machines - équipement électrique )</li> <li>■ règlement CNOMO (industrie automobile)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 43</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 43</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NF C 15-100 § 415 et 531-2</li> </ul>

H11

- (1) Si coupure de tous les conducteurs actifs
- (2) Le maintien de l'alimentation peut être nécessaire pour assurer le freinage
- (3) S'il est associé à un relais thermique (l'ensemble contacteur + relais constitue un démarreur et est souvent appelé discontacteur)
- (4) La NF C 13-100 impose à l'origine des installations alimentées par un poste à comptage BT un dispositif de sectionnement à coupure visible
- (5) Certains appareils peuvent être aptes au sectionnement par conformité à leurs normes sans marquage explicite (NF C 61-410, etc.)

Fig. H19 : Fonctions remplies par les différents appareils

## 3.2 Choix du type d'appareillage

Les logiciels apportent une aide de plus en plus grande dans ce domaine. On procède circuit par circuit. Pour chaque circuit, on détermine la liste des fonctions nécessaires à la protection et à l'utilisation de l'installation parmi celles mentionnées dans le tableau de la **Figure H19**.

Puis, on enlève celles qui seront réalisées en amont (par exemple : protection contre les contacts indirects par DDR) et l'on teste une ou plusieurs associations d'appareils sur le plan :

- du bon fonctionnement,
- de la compatibilité des matériels choisis entre eux, du courant assigné In, jusqu'au pouvoir de coupure de la protection,
- de la compatibilité avec les appareils placés en amont ou en tenant compte de leur contribution,
- de toutes les prescriptions de sécurité.

Pour déterminer le nombre de pôles de l'appareillage, on se reportera au chapitre G paragraphe 7.4, **Figure G64**.

Les appareils multifonction, plus chers à l'achat, diminuent les coûts d'installation et les aléas à l'installation ou à l'usage. Ils se révèlent souvent la meilleure solution.

# 4 La solution disjoncteur

Le disjoncteur-sectionneur remplit toutes les fonctions de base de l'appareillage et offre de nombreuses autres possibilités grâce à des auxiliaires.

Comme le montre la **Figure H20** le disjoncteur-sectionneur est le seul appareil qui permet de satisfaire simultanément à toutes les fonctions de base nécessaires dans une installation électrique.

Il assure, en plus, un grand nombre d'autres fonctions, grâce à ses auxiliaires : par exemple, signalisation, protection contre les baisses de tension, télécommande, etc. Cette propriété en fait l'appareil de base de toute distribution électrique.

Fonctions	Mise en oeuvre		
	standard	auxiliaire électrique ou accessoire	
Sectionnement	■		
Commande	Fonctionnelle	■	
	Coupage et arrêt d'urgence	□	Avec bobine de déclenchement pour commande à distance
	Coupage pour entretien mécanique	■	
Protection	Surcharge	■	
	Court-circuit	■	
	Défaut d'isolement	□	Avec relais différentiel
	Baisse de tension	□	Avec bobine à manque de tension
Télécommande	□	Avec commande électrique ou disjoncteur télécommandé	
Mesure / signalisation	□	Généralement en option avec déclencheur électronique	

Fig. H20 : Fonctions du disjoncteur-sectionneur

H12

Les disjoncteurs industriels doivent être conformes aux normes CEI 60947-1 et 60947-2. Les disjoncteurs domestiques doivent être conformes aux normes CEI 60898.

Correspondances :  
CEI 60898 et NF EN 60898  
CEI 60947 et NF EN 60947

## 4.1 Normes et description

### Normes

En installation industrielle, les disjoncteurs doivent être conformes aux normes CEI 60947 (série) (voir liste des normes au chapitre A paragraphe 2.3) en particulier :

- 60947-1 : Appareillage à basse tension - Règles générales
- 60947-2 : Appareillage à basse tension - Disjoncteurs

En installation domestique et assimilée, ils doivent être conformes à la norme CEI 60898.

### Description

La **Figure H21** montre schématiquement la constitution d'un disjoncteur de type industriel et ses différents composants :

- le système de coupure, avec les contacts, fixes et mobiles, et la chambre de coupure ;
- le mécanisme à accrochage qui est déverrouillé par l'action du dispositif de déclenchement en cas de détection de courants anormaux, ce mécanisme est aussi lié à la manœuvre de la poignée du disjoncteur ;
- le déclencheur agissant sur le mécanisme de coupure :
  - soit un déclencheur magnétothermique dans lequel
    - un élément «thermomécanique», généralement un bilame, détecte une condition de surcharge,
    - un circuit magnétique actionne une palette à partir d'un seuil de courant en condition de court-circuit,
  - soit électronique comprenant des capteurs (transformateurs de courants), une électronique de traitement et de commande et un actionneur,
- les plages de raccordement amont et aval.

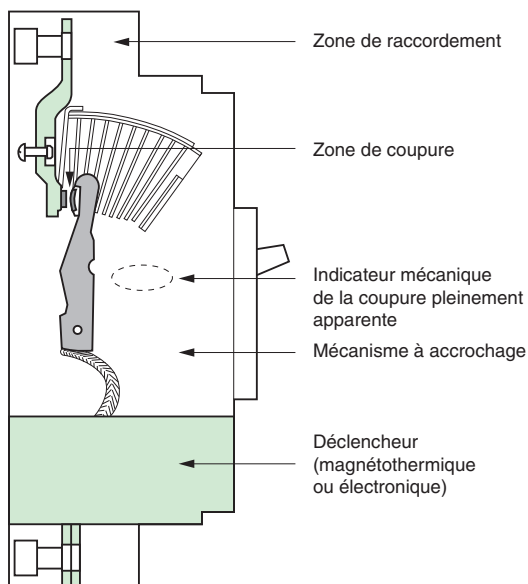


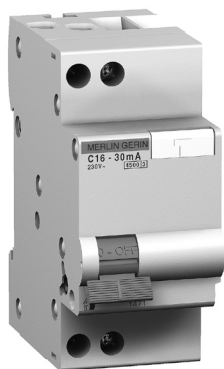
Fig. H21 : Constitution d'un disjoncteur

## 4 La solution disjoncteur

Correspondances :  
CEI 60898 et NF EN 60898  
CEI 60947 et NF EN 60947



**Fig. H22** : Disjoncteur de type domestique assurant la protection contre les surintensités et l'isolement du circuit



**Fig. H23** : Disjoncteur de type domestique comme Fig. H22 avec une protection différentielle intégrée



**Fig. H25** : Exemple de disjoncteurs industriels modulaires (Compact NSX) réalisant de multiples fonctions

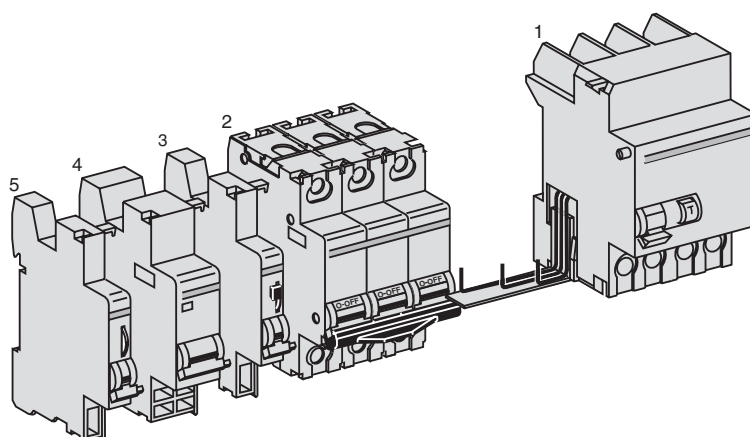
Certains disjoncteurs modulaires de type domestique (cf. **Fig. H22**), répondant à la norme CEI 60898 et aux normes nationales correspondantes, peuvent fournir une protection contre les défauts d'isolement par ajout d'un module dispositif différentiel à courant résiduel haute sensibilité (30 mA). Alors que cette fonction protection différentielle est intégrée dans les disjoncteurs différentiels modulaires de type domestique répondant à la norme CEI 61009 (cf. **Fig. H23**) et de type industriel répondant à la norme CEI 60947-2 annexe B.

En plus des protections mentionnées ci-dessus, d'autres fonctions peuvent être associées à une base disjoncteur au moyen de modules additionnels (cf. **Fig. H24**) en particulier les fonctions de commande à distance et de signalisation (ouvert-fermé-déclenché).

Les disjoncteurs de puissance en boîtier moulé conformes à la norme CEI 60947-2 correspondent typiquement à des calibres de 100 à 630 A et sont équipés ou équipables d'une gamme d'auxiliaires (cf. **Fig. H25**) réalisant des fonctions identiques à celles décrites ci-dessus.

Les disjoncteurs de puissance forte intensité conformes à la norme CEI 60947-2 ont des calibres plus élevés et sont généralement utilisés dans les TGBT pour assurer la protection des circuits de 630 à 6300 A (cf. **Fig. H26**).

Les déclencheurs Micrologic équipent les disjoncteurs Compact NSX et Masterpact (marque Schneider Electric). En plus des fonctions de protection, ces déclencheurs assurent des fonctions d'optimisation telles que la mesure (y compris la mesure des indicateurs de qualité de l'énergie), le diagnostic, la communication, la commande et la surveillance de la distribution électrique.



**Fig. H24** : Composants des disjoncteurs modulaires BT du Système «Multi 9»



**Fig. H26** : Exemple de disjoncteurs de puissance forte intensité Masterpact ayant de multiples fonctions de surveillance et de commande dans son déclencheur Micrologic

H13

## 4.2 Caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur

Les caractéristiques fondamentales d'un disjoncteur sont :

- la tension assignée d'emploi ( $U_e$ ),
- le courant assigné d'emploi ( $I_n$ ),
- les courants de réglage des déclencheurs protection contre les courants de surcharge ( $I_r$  ou  $I_{rth}$ ) et de court-circuit ( $I_m$  ou  $I_{sd}$  et  $I_i$ )<sup>(1)</sup>,

Pour des raisons de simplification de l'exposé, la terminologie  $I_r$ ,  $I_m$  et  $I_i$  est utilisée pour les seuils de réglage des différentes protections dans les applications générales.

- le pouvoir de coupure industriel ou domestique ( $I_{cu}$  ou  $I_{cn}$ ).

### Tension assignée d'emploi $U_e$

C'est la tension pour laquelle le disjoncteur a été conçu pour fonctionner dans des conditions normales de performances.

D'autres tensions correspondantes à des conditions limites de fonctionnement comme indiqué au paragraphe 4.3 sont aussi assignées au disjoncteur.

### Courant assigné $I_n$

C'est la valeur maximale de courant qu'un disjoncteur équipé d'un déclencheur de protection contre les surintensités spécifié peut conduire indéfiniment pour une température ambiante spécifiée par le constructeur, sans avoir un échauffement excessif (hors de limites spécifiées) des parties conductrices.

#### Exemple

Un disjoncteur (boîtier) de courant assigné  $I_n = 125$  A est prévu pour conduire indéfiniment un courant de 125 A à une température ambiante de 40 °C avec un déclencheur de protection contre les surintensité réglé à 125 A.

Ce même disjoncteur peut cependant être utilisé à une valeur plus élevée de température ambiante s'il est correctement «déclassé». Ainsi ce disjoncteur peut conduire indéfiniment 117 A à une température ambiante de 50 °C, ou de même 109 A à 60 °C, tout en respectant les limites de température spécifiées.

Les disjoncteurs équipés de déclencheur électronique peuvent supporter des températures ambiantes plus élevées jusqu'à 60 °C (ou même 70 °C).

Le déclassement du disjoncteur est réalisé simplement en réduisant le réglage de protection contre les courants de surcharge de son déclencheur.

**Note :** le courant assigné  $I_n$ , défini pour les disjoncteurs dans la norme CEI 60947-2, est égal au courant assigné ininterrompu  $I_u$ , défini pour l'appareillage industriel dans la norme CEI 60947-1.

### 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 disjoncteur Compact NSX630 (taille 630 A) peut recevoir plusieurs types de déclencheurs électroniques Micrologic 5.3 de calibre (courant assigné) 400 A ou 630 A et ainsi couvrir la plage de 160 A à 630 A.

### Courant de réglage ( $I_{rth}$ ou $I_r$ ) des déclencheurs

Les disjoncteurs modulaires de type domestiques (de faibles calibres) sont très facilement interchangeables, et ont des déclencheurs intégrés. Les disjoncteurs de type industriel sont équipés de déclencheurs interchangeables. De plus, afin d'adapter un disjoncteur aux caractéristiques du circuit qu'il protège, et d'éviter le surdimensionnement des conducteurs, le déclencheur est généralement réglable. La valeur  $I_r$  ou  $I_{rth}$  (les deux désignations sont couramment utilisées) qualifie le réglage du déclencheur : elle correspond au seuil de réglage de la protection Long retard (thermique) du déclencheur et du disjoncteur associé.

**Note :** Pour le réglage de la protection d'une canalisation par disjoncteur, le courant  $I_r$  (ou  $I_{rth}$ ) doit être plus grand que le courant maximal de charge  $I_b$ , mais inférieur au courant maximal admissible  $I_z$  dans la canalisation (voir chapitre G paragraphe 1.3), ainsi :

- la protection de la canalisation est assurée : l'utilisation d'une protection par disjoncteur ne nécessite pas un surdimensionnement des canalisations car le disjoncteur déclenche avant que la canalisation atteigne sa limite thermique,
- le fonctionnement du circuit se fait sans déclenchement intempestif de la protection.

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

(1) Le tableau ci après résume les désignations des différents réglages

Type de protection	Désignation pour les déclencheurs intégrés ou magnétothermiques	Désignation pour les déclencheurs électroniques
Contre les courants de surcharge	$I_r$ <sup>(2)</sup> Protection thermique	$I_r$ <sup>(2)</sup> Protection Long retard
Contre les courants de court-circuit	$I_m$ Protection magnétique	$I_{sd}$ <sup>(2)</sup> Protection Court retard $I_i$ <sup>(2)</sup> Protection Instantanée

(2) Terminologie conforme à l'annexe K de la norme CEI 60947-2

## 4 La solution disjoncteur

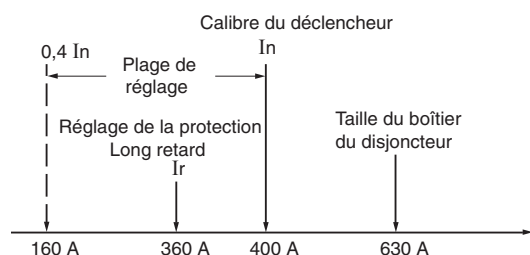


Fig. H27 : Exemple d'un disjoncteur Compact NSX 630N équipé d'un déclencheur Micrologic 6.3 E réglé à 0,9 soit  $I_r = 360$  A

Correspondances :  
CEI 60898 et NF EN 60898  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

Les déclencheurs thermiques sont généralement réglables de 0,7 à 1 fois le courant nominal  $I_n$  du déclencheur.

Les déclencheurs électroniques ont des plages de réglage de 0,4 à 1 fois le courant nominal  $I_n$  du déclencheur : c'est un avantage intéressant lorsque des évolutions importantes de l'installation sont prévues.

### Exemple (cf. Fig. H27)

Un disjoncteur Compact NSX630 N (taille du boîtier) équipé d'un déclencheur Micrologic 6.3 E de calibre 400 A réglé à 0,9 a une protection Long retard égale à :

$$I_r = 400 \times 0,9 = 360 \text{ A}$$

**Note :** Si le disjoncteur n'est pas équipé d'un déclencheur réglable (ou intègre un dispositif de déclenchement fixe, cas général des disjoncteurs modulaires de petit calibre),  $I_r = I_n$ .

Exemple : pour un disjoncteur C60N 20 A,  $I_r = I_n = 20$  A.

### Courant de fonctionnement ( $I_m$ ou $I_{sd}$ ) 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 CEI 60898,
- soit indiqué par le constructeur pour les disjoncteurs industriels régis par la norme CEI 60947-2.

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 (cf. Fig. H28, Fig. H29 et Fig. H30).

H15

	Type de déclencheur	Protection contre les surcharges	Protection contre les courts-circuits		
Disjoncteurs domestiques CEI 60898	Magnéto-thermique	$I_r = I_n$	Seuil bas type B $3 I_n \leq I_m \leq 5 I_n$	Seuil standard type C $5 I_n \leq I_m \leq 10 I_n$	Seuil haut type D $10 I_n \leq I_m \leq 20 I_n^{(1)}$
Disjoncteurs industriels <sup>(2)</sup> modulaires	Magnéto-thermique	$I_r = I_n$ fixe	Seuil bas type B ou Z $3,2 I_n \leq I_m \leq 4,8 I_n$	Seuil standard type C 7 $I_n \leq I_m \leq 10 I_n$	Seuil haut type D ou K $10 I_n \leq I_m \leq 14 I_n$
Disjoncteurs <sup>(2)</sup> industriels CEI 60947-2	Magnéto-thermique	$I_r = I_n$ fixe	Fixe : $I_m = 7$ à $10 I_n$		
	Magnéto-thermique	Réglable : $0,7 I_n \leq I_r \leq I_n$	Réglable : - Seuil bas : 2 à 5 $I_n$ - Seuil standard : 5 à 10 $I_n$		
	Electronique	Long retard $0,4 I_n \leq I_r \leq I_n$	Court retard ( $I_{sd}$ ) réglable $I_r \leq I_{sd} \leq 10 I_r$ Instantané ( $I_i$ ) fixe $I_i = 12$ à $15 I_n$		

(1) 50  $I_n$  dans la norme CEI 60898, ce qui est considéré comme une valeur irréaliste par la plupart des constructeurs européens (produits Schneider Electric = 10 à 14  $I_n$ ).

(2) Pour un usage industriel, la norme CEI 60947-2 ne spécifie aucune valeur. Les valeurs ci-dessus sont seulement données comme étant celles les plus couramment utilisées.

Fig. H28 : Plages de réglage des protections contre les courants de surcharge et de court-circuit des déclencheurs des disjoncteurs BT

### Aptitude au sectionnement

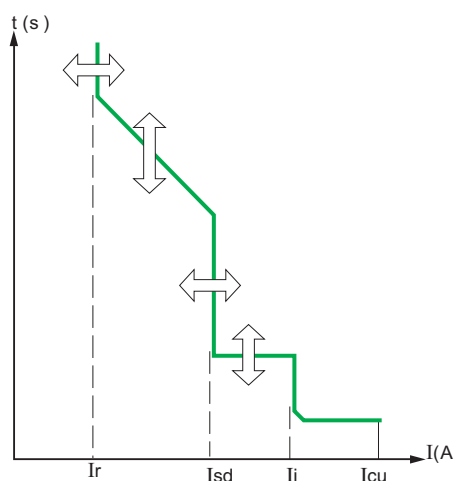
Un disjoncteur est apte au sectionnement s'il est conforme aux prescriptions prévues dans sa norme de référence (cf. paragraphe 1.2). Dans ce cas, c'est un disjoncteur sectionneur repéré en face avant par le symbole suivant :

Tous les appareils Multi 9, Compact et Masterpact sont dans cette catégorie.

### Pouvoir assigné de coupure en court-circuit ( $I_{cu}$ ou $I_{cn}$ )

Le pouvoir assigné de coupure en court-circuit d'un disjoncteur est la valeur la plus élevée d'un courant présumé de défaut que le disjoncteur est capable de couper sans être endommagé. La valeur normalisée de ce courant est la valeur efficace de sa composante alternative, la composante transitoire continue, qui est toujours présente dans les cas de court-circuit, étant considérée comme nulle (cas très particulier d'un court-circuit «symétrique»).

La performance de coupure des courants de court-circuit d'un disjoncteur BT est globalement liée au  $\cos \varphi$  de la boucle de défaut. Les normes établissent les valeurs normalisées de cette relation.



Ir : Courant de réglage de la protection contre les courants de surcharge (protection thermique ou Long retard)

Isd : Courant de réglage de la protection contre les courants de court-circuit (protection magnétique ou Court retard)

Ii : Courant de réglage de la protection contre les courants de court-circuit Instantané

Icu : pouvoir de coupure

Fig. H30 : Courbe de fonctionnement type d'un disjoncteur électronique

Icu	cos φ
6 kA < Icu ≤ 10 kA	0,5
10 kA < Icu ≤ 20 kA	0,3
20 kA < Icu ≤ 50 kA	0,25
50 kA < Icu	0,2

Fig. H31 : Relation entre Icu et cos φ (selon la norme CEI 60947-2).

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

La connaissance de ces caractéristiques moins importantes est cependant souvent nécessaire au choix définitif d'un disjoncteur.

(1) O représente une manœuvre d'ouverture.  
CO représente une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

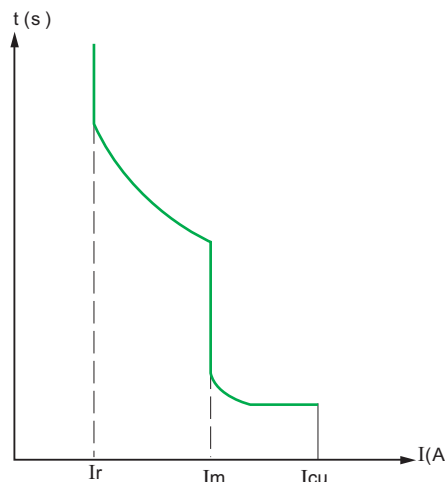


Fig. H29 : Courbe de fonctionnement type d'un disjoncteur magnétothermique

Les valeurs assignées, Icu pour les disjoncteurs de type industriel et Icn pour les disjoncteurs de type domestique, sont données en kA efficace.

La norme CEI 60947-2 définit deux performances de pouvoir de coupure soit :

- le pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit (Icu) : le disjoncteur est capable de couper un tel courant suivant la séquence d'essai normative O – CO<sup>(1)</sup>, ensuite il peut être endommagé mais l'installation ne doit pas être dangereuse (sectionnement assuré),

- le pouvoir assigné de coupure de service en court-circuit (Ics) exprimé en % de Icu : il représente un niveau de courant de court-circuit plus réaliste (au point d'installation). Le disjoncteur doit être capable, après sa coupure, de fonctionner sans dégradation de ses performances suivant la séquence d'essai normative O – CO – CO<sup>(1)</sup>.

D'autres caractéristiques sont définies dans la norme CEI 60947-2 et développées dans le paragraphe 4.3.

- Déphasage courant/tension : si le courant est en phase avec la tension d'alimentation (facteur de puissance (cos φ) = 1 pour le circuit), la coupure du courant est plus aisée à réaliser qu'à toute autre valeur du facteur de puissance. En revanche, la coupure d'un courant avec un facteur de puissance de type inductif de faible valeur est nettement plus difficile à réaliser.

Dans la pratique, pour tous les courants de court-circuit, le facteur de puissance est de type inductif et est (plus ou moins) de faible valeur. En général, à une tension donnée, plus le niveau de court-circuit est élevé, plus le facteur de puissance est faible, par exemple, plus le disjoncteur est proche d'un transformateur MT/BT de forte puissance.

Le tableau de la **Figure H31** extrait de la norme CEI 60947-2 établit les valeurs normalisées du cos φ en fonction de la valeur Icu pouvoir de coupure du disjoncteur.

La norme CEI 60947-2 a défini une batterie d'essais regroupés en séquences et devant être répétés sur un nombre spécifié d'appareils.

- le même appareil est soumis à une suite d'essais cumulatifs incluant un essai de fermeture et d'ouverture sur court-circuit,

- après la séquence d'essais de la performance Icu d'un disjoncteur [ouverture (O)-temporisation-fermeture/ouverture (CO)], des mesures et des essais complémentaires sont réalisés pour s'assurer que les caractéristiques suivantes n'ont pas été dégradées :

- la tenue diélectrique,
- la performance de déconnexion (aptitude à l'isolement),
- le fonctionnement correct de la protection contre les courants de surcharge.

### 4.3 Autres caractéristiques d'un disjoncteur

#### Tension d'isolement (Ui)

C'est la valeur de la tension qui sert de référence pour les performances diélectriques de l'appareil effectuées généralement à des valeurs supérieures à 2Ui.

La tension d'emploi maximale d'un disjoncteur ne peut être qu'inférieure ou égale à Ui.

$$U_e \leq U_i.$$

## 4 La solution disjoncteur

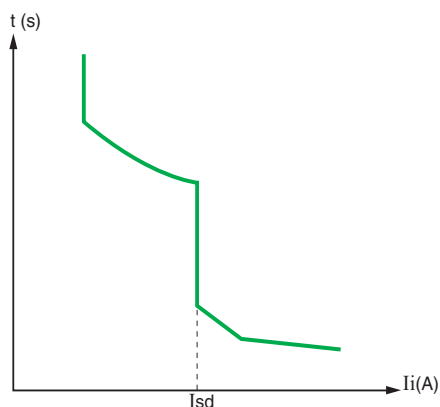


Fig. H32 : Disjoncteur de catégorie A

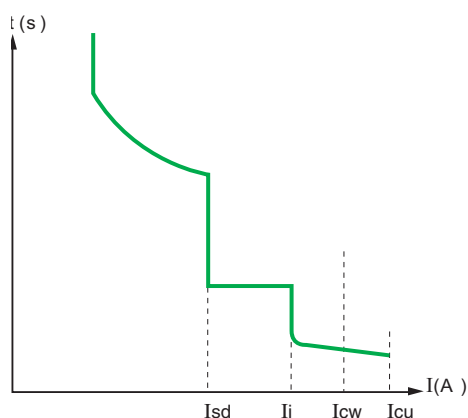


Fig. H33 : Disjoncteur de catégorie B

*Dans toute installation, il est exceptionnel qu'un disjoncteur ait à couper un courant de défaut d'intensité analogue à son pouvoir de coupure Icu. C'est pour cette raison qu'un pouvoir de coupure de service Ics a été défini.*

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

### Tension de tenue aux chocs (Uimp)

Cette caractéristique exprimée en kV choc traduit l'aptitude d'un matériel à résister aux tensions transitoires susceptibles de se présenter en exploitation.

Généralement pour les disjoncteurs industriels  $U_{imp} = 8$  kV, et pour les disjoncteurs domestiques  $U_{imp} = 6$  kV.

### Catégorie (A ou B) courant de courte durée admissible (Icw)

Pour les disjoncteurs industriels (paragraphe 4.2) il existe deux catégories d'appareils :

- ceux de catégorie A pour lesquels aucun retard au déclenchement sur court-circuit n'est prévu (cf. Fig. H32). C'est le cas généralement des disjoncteurs sous boîtier moulé type Compact NSX,
- ceux de catégorie B pour lesquels, en vue de réaliser une sélectivité chronométrique, il est possible de retarder le déclenchement sur court-circuit de valeur inférieure au courant de courte durée admissible Icw (cf. Fig. H33). C'est généralement le cas des disjoncteurs ouverts type Masterpact et de certains gros disjoncteurs sous boîtier moulé (Compact NS1250N par exemple).

Icw est le courant maximal que peut supporter thermiquement et électrodynamiquement un disjoncteur de catégorie B pendant un temps donné par le constructeur.

### Pouvoir de fermeture (Icm)

C'est la plus grande intensité de courant que le disjoncteur peut établir sous la tension assignée dans des conditions spécifiées. En courant alternatif, il s'exprime par la valeur de crête du courant. Le pouvoir de fermeture est égal à k fois le pouvoir de coupure, k étant donné par la Figure H34.

Icu	cos φ	Icm = kIcu
6 kA < Icu ≤ 10 kA	0,5	1,7 x Icu
10 kA < Icu ≤ 20 kA	0,3	2 x Icu
20 kA < Icu ≤ 50 kA	0,25	2,1 x Icu
50 kA ≤ Icu	0,2	2,2 x Icu

Fig. H34 : Relation entre Icu, Icm et cos φ (selon les normes CEI 60947-2 et NF EN 60947-2)

**Exemple :** un disjoncteur Masterpact NW08H2 a un pouvoir assigné de coupure ultime Icu de 100 kA. La valeur du pouvoir assigné de fermeture en court-circuit Icm (valeur crête) est donné par :  $100 \times 2,2 = 220$  kA.

### Performance de coupure de service (Ics)

Le pouvoir de coupure (Icu ou Icn) représente le courant de court-circuit maximal que peut avoir à couper un disjoncteur. La probabilité d'apparition d'un tel défaut est extrêmement faible et en exploitation un disjoncteur n'a en général à couper que des courants beaucoup plus faibles.

En revanche, il est important que des courants de court-circuit de probabilité plus élevée, soient coupés dans de très bonnes conditions afin de garantir, après élimination de la cause du défaut, la remise en service rapide et en toute sécurité de l'installation.

C'est pour cette raison que la CEI 60947-2 a introduit le pouvoir de coupure en service Ics, généralement exprimé en % de Icu (valeur à choisir par le constructeur entre 25, 50, 75 et 100 %), défini de la manière suivante :

- O - CO - CO (à la valeur Ics),
- les essais réalisés après cette séquence sont destinés à vérifier que le disjoncteur est en bon état et apte à assurer un service normal.

Pour les disjoncteurs de type domestique,  $I_{cs} = k I_{cn}$ , les valeurs du facteur k sont données dans le tableau XIV des normes CEI 60898 et NF EN 60898.

En Europe, il est de bonne pratique industrielle d'utiliser un facteur k de 100 %, soit  $I_{cs} = I_{cn}$ .

H17

De nombreux disjoncteurs BT ont, par conception, une aptitude à limiter le courant de court-circuit c'est à dire à réduire son amplitude et à l'empêcher d'atteindre sa valeur de crête maximale dissymétrique (cf. Fig H35).

### Limitation du courant de défaut

La capacité de limitation du courant d'un disjoncteur BT est déterminée par son aptitude à empêcher le passage d'un courant de défaut, en ne laissant passer qu'un courant d'intensité limitée, comme indiqué dans la **Figure H35**.

Le courant «présumé» de défaut fait référence au courant qui circulerait dans le circuit si le disjoncteur n'avait pas de performance de limitation ou s'il n'y avait pas de protection.

La performance de limitation du courant du disjoncteur est indiquée par le constructeur sous forme de courbes de limitation (cf. **Fig. H36**).

■ La courbe du graphe « a » représente la valeur crête du courant limité en fonction de la valeur efficace de la composante alternative du courant présumé de défaut. La valeur crête non limitée de ce courant est représentée par une droite tangente à la courbe (aux courants faibles de défauts, il n'y a pas de limitation de courant).

■ La limitation du courant réduit de façon importante les contraintes thermiques (proportionnelles à  $I^2t$ ) et cette performance est représentée sur le graphe « b » de la Figure H36 en fonction de la valeur efficace de la composante alternative du courant présumé de défaut.

Certaines normes traitant des disjoncteurs pour les installations domestiques ou analogues (en particulier la norme européenne EN 60898) ont établi des classes. De ce fait un disjoncteur appartenant à une classe (de limiteur de courant) a une caractéristique de courant traversant limité  $I^2t$  définie par cette classe. Dans ce cas, les constructeurs n'ont pas à fournir des courbes de performance.

H18

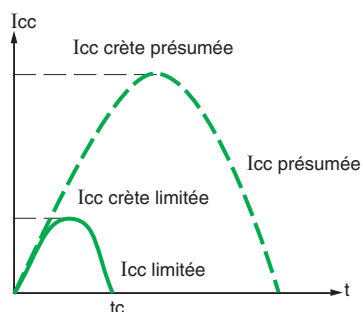


Fig. H35 : Courant présumé et courant limité réel

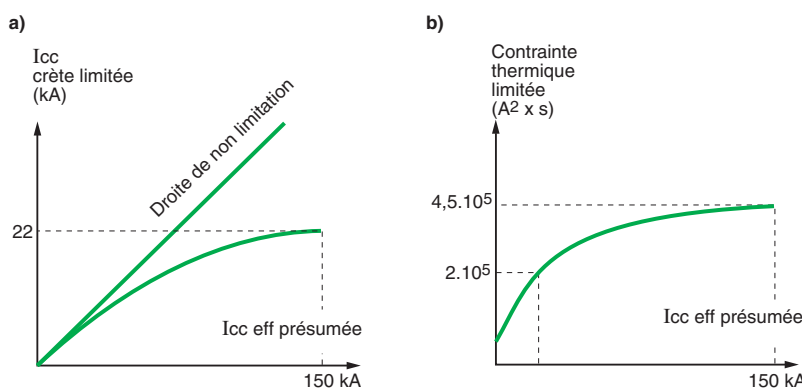


Fig. H36 : Courbes de performance d'un disjoncteur limiteur BT

La limitation de courant réduit à la fois les contraintes thermiques et électrodynamiques sur tous les éléments au travers desquels le courant de défaut passe et ainsi prolonge la durée d'utilisation de ces éléments. De plus, elle permet de mettre en œuvre la technique de filiation qui réduit significativement les coûts de conception et d'installation (cf. § 4.5).

### Les avantages de la limitation

L'utilisation de disjoncteurs limiteurs présente de nombreux avantages :

- meilleure conservation de l'installation électrique : la limitation atténue fortement les effets néfastes des courants de court-circuit,
- réduction des effets thermiques : l'échauffement des conducteurs (et aussi de leur isolant) est significativement réduite, de sorte que la durée de vie des conducteurs est prolongée en conséquence,
- réduction des effets mécaniques : les forces dues aux répulsions électrodynamiques sont plus faibles avec moins de risques de déformations et de ruptures, de brûlures des contacts, etc.
- réduction des effets électromagnétiques (CEM) sur les équipements de mesure et les circuits associés, sur les réseaux de télécommunications, etc.

#### Exemple

Sur un départ ayant un courant présumé de court-circuit  $I_{cc}$  de 150 kA efficace, un disjoncteur Compact NSX de type L limite l'amplitude du courant crête à moins de 10 % de celle du courant crête présumé, et réduit les effets thermiques à moins de 1 % de ceux qui auraient été créés par le courant présumé de défaut.

La filiation sur plusieurs niveaux de la distribution d'une installation BT, réalisée en aval d'un disjoncteur limiteur permet des gains économiques importants (cf. paragraphe 4.5) : par exemple, économie sur le choix des disjoncteurs (de performance moindre, donc moins coûteux), sur le dimensionnement des tableaux et sur l'étude (plus simple) de l'installation, soit une réduction totale de 20 % des coûts.

Avec la gamme de disjoncteurs Compact NSX, la sélectivité et la filiation des protections sont possibles simultanément jusqu'au plein pouvoir de coupure du disjoncteur en aval.

Le choix d'un disjoncteur est déterminé par : les caractéristiques électriques de l'installation, l'environnement, les récepteurs et l'aptitude à la télécommande et au type de communication souhaité.

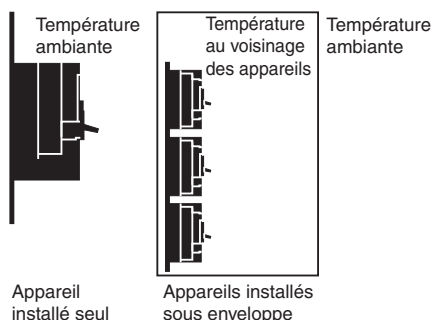


Fig. H37 : Température ambiante

Les disjoncteurs à déclencheurs thermiques non compensés ont un courant de déclenchement dépendant de la température.

## 4.4 Choix d'un disjoncteur

### Choix d'un disjoncteur

Le choix d'un disjoncteur s'effectue en fonction :

- des caractéristiques électriques de l'installation sur laquelle il est installé,
- de l'environnement dans lequel il se trouve, température ambiante, installation en armoire, conditions climatiques,
- des caractéristiques de pouvoir de coupure et de pouvoir de fermeture,
- des impératifs d'exploitation : sélectivité, nécessité ou non de fonctions auxiliaires telles que télécommande, commande rotative, contacts auxiliaires, bobines de déclenchement auxiliaire, MN ou MX, insertion dans un réseau de communication local ou de supervision, etc,
- des règles d'installation, en particulier pour la protection des personnes,
- des caractéristiques des récepteurs, tels que moteurs, éclairage fluorescent, transformateurs BT/BT, etc. Les problèmes posés par ces récepteurs sont examinés en détail au chapitre M.

Ce qui suit s'attache au choix d'un disjoncteur dans les circuits de distribution.

### Choix du courant assigné en fonction de la température

Le courant assigné d'un disjoncteur est défini pour un fonctionnement de l'appareil dans une température ambiante donnée, en général :

- 30 °C pour les disjoncteurs de type domestique,
- 40 °C pour les disjoncteurs de type industriel.

Le comportement des disjoncteurs dans des conditions de température différentes dépend de la technologie des déclencheurs. (cf. Fig. H37).

### Déclencheurs magnétothermiques non compensés

Les disjoncteurs à déclencheurs thermiques non compensés ont un courant de déclenchement dépendant de la température. Si l'appareil est placé dans un coffret ou une armoire, ou dans une ambiance chaude, le courant de fonctionnement des déclencheurs thermiques peut être modifié. Les appareils Compact NSX sont calibrés à 40 °C. Pour des températures ambiantes supérieures, la déflexion du bilame modifie le seuil de déclenchement. Il y a "déclassement" si l'appareil est soumis à une température supérieure à sa température de référence. Les constructeurs donnent donc pour leurs disjoncteurs des tableaux de déclassement (ex : Fig. H38).

Les appareils de type modulaire (par exemple, gamme Multi 9 de Schneider Electric) sont souvent installés côte à côte dans des coffrets de faibles dimensions. Si des disjoncteurs sont susceptibles d'être simultanément en charge, un facteur de correction (par exemple, 0,8) doit être appliqué à leur courant d'emploi.

#### Exemple

Quel courant assigné choisir pour un C60N ?

- devant protéger un circuit dont l'intensité d'emploi est 34 A,
- installé avec d'autres appareils côte à côte dans un coffret de distribution terminale,
- dans une température ambiante de 50 °C.

Un C60N calibre 40 A a, dans ces conditions, un courant d'emploi de  $35,6 \times 0,8 = 28,5$  A (cf. Fig. H38). Il ne peut donc pas convenir. Il faut choisir un C60N, calibre 50 A dont le courant d'emploi est  $44,0 \times 0,8 = 35,2$  A.

### Déclencheurs magnétothermiques compensés

Ces déclencheurs comportent un bilame compensé en température qui garantit le déclenchement à la valeur de réglage du courant de surcharge ( $I_r$  ou  $I_{rth}$ ) en évitant l'influence de la température ambiante.

#### Par exemple

- Dans certains pays, les réseaux de distribution publique BT sont en schéma TT. La protection de l'installation électrique et de l'abonné est réalisée par des disjoncteurs fournis par le distributeur d'énergie. Ces disjoncteurs (de calibre généralement  $\leq 60$  A) ont un rôle tarifaire de contrôle de la consommation : ainsi ils déclenchent par protection thermique dès que la consommation dépasse la valeur contractuelle de l'abonnement. Afin de conserver un seuil de déclenchement thermique constant, ces disjoncteurs doivent être compensés sous une plage de température de  $-5$  °C à  $+40$  °C.
- Les disjoncteurs BT de calibre  $\leq 630$  A, équipés de déclencheurs magnétothermiques, ont généralement des déclencheurs compensés pour la même plage de température de  $-5$  °C à  $+40$  °C.

C60H : courbe C. C60N : courbes B et C (Température de référence : 30 °C)

Calibre (A)	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
1	1,05	1,02	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85
2	2,08	2,04	2,00	1,96	1,92	1,88	1,84	1,80	1,74
3	3,18	3,09	3,00	2,91	2,82	2,70	2,61	2,49	2,37
4	4,24	4,12	4,00	3,88	3,76	3,64	3,52	3,36	3,24
6	6,24	6,12	6,00	5,88	5,76	5,64	5,52	5,40	5,30
10	10,6	10,3	10,0	9,70	9,30	9,00	8,60	8,20	7,80
16	16,8	16,5	16,0	15,5	15,2	14,7	14,2	13,8	13,5
20	21,0	20,6	20,0	19,4	19,0	18,4	17,8	17,4	16,8
25	26,2	25,7	25,0	24,2	23,7	23,0	22,2	21,5	20,7
32	33,5	32,9	32,0	31,4	30,4	29,8	28,4	28,2	27,5
40	42,0	41,2	40,0	38,8	38,0	36,8	35,6	34,4	33,2
50	52,5	51,5	50,0	48,5	47,4	45,5	44,0	42,5	40,5
63	66,2	64,9	63,0	61,1	58,0	56,7	54,2	51,7	49,2

Disjoncteurs Compact NSX100-250 N/H/L équipé d'un déclencheur TM-D ou TM-G

Calibre (A)	Température (°C)												
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
16	18,4	18,7	18	18	17	16,6	16	15,6	15,2	14,8	14,5	14	13,8
25	28,8	28	27,5	25	26,3	25,6	25	24,5	24	23,5	23	22	21
32	36,8	36	35,2	34,4	33,6	32,8	32	31,3	30,5	30	29,5	29	28,5
40	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34
50	57,5	56	55	54	52,5	51	50	49	48	47	46	45	44
63	72	71	69	68	66	65	63	61,5	60	58	57	55	54
80	92	90	88	86	84	82	80	78	76	74	72	70	68
100	115	113	110	108	105	103	100	97,5	95	92,5	90	87,5	85
125	144	141	138	134	131	128	125	122	119	116	113	109	106
160	184	180	176	172	168	164	160	156	152	148	144	140	136
200	230	225	220	215	210	205	200	195	190	185	180	175	170
250	288	281	277	269	263	256	250	244	238	231	225	219	213

Fig. H38 : Exemples de tableaux de courants qui servent de base à la détermination de la protection en fonction de la température

Les déclencheurs électroniques procurent l'avantage d'une très grande stabilité de fonctionnement lors des variations de température.

### Déclencheurs électroniques

L'électronique procure au déclencheur l'avantage d'une très grande stabilité de fonctionnement lors des variations de température (cf. Fig. H39).

Cependant les appareils eux-mêmes subissent les effets de la température à leur voisinage.

Le déclassement de ces appareils est nécessaire pour garder une sécurité suffisante par rapport aux limites physiques de leurs composants (cuivrie, capteurs, enveloppe, etc.).

Les constructeurs donnent généralement sous forme d'abaque les valeurs maximales de réglage des déclencheurs en fonction de la température.

Disjoncteur Masterpact NW20			40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
H1/H2/H3	Débrochable prises AR horizontales	In (A)	2 000	2 000	2 000	1 980	1 890
		Réglage max. de Ir	1	1	1	0,99	0,95
L1	Débrochable prises AR de chant	In (A)	2 000	200	1 900	1 850	1 800
		réglage max. de Ir	1	1	0,95	0,93	0,90

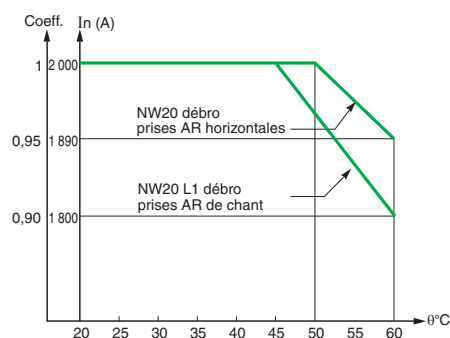


Fig. H39 : Déclassement d'un disjoncteur Masterpact NW20 selon la température

## 4 La solution disjoncteur

### Choix d'un seuil instantané magnétique ou court-retard

La Figure H40 récapitule les principales caractéristiques des déclencheurs magnétiques ou court-retard.

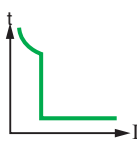
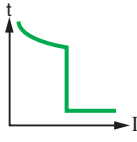
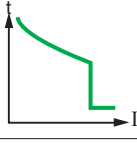
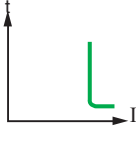
Type	Déclencheur	Applications
	Seuil bas type B	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sources à faible puissance de court-circuit (générateurs)</li> <li>■ Grandes longueurs de câbles</li> </ul>
	Seuil standard type C	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Protection des circuits : cas général</li> </ul>
	Seuil haut type D ou K	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Protection des circuits en présence de fort courant d'appel (exemple : transformateurs ou moteurs)</li> </ul>
	12 In type MA	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Destiné à la protection des moteurs en association avec un disjoncteur (contacteur avec protection contre les surcharges)</li> </ul>

Fig. H40 : Différents déclencheurs magnétiques ou court-retard

Un disjoncteur dans une distribution BT doit pouvoir couper (seul ou associé à un autre dispositif) le court-circuit présumé en son point d'installation (prescriptions de la CEI 60 364 partie 4-43 § 434.5.1).

### Choix d'un disjoncteur selon le pouvoir de coupure

L'installation d'un disjoncteur dans une distribution BT doit répondre à l'une des deux conditions suivantes :

- soit posséder un pouvoir de coupure  $I_{cu}$  (ou  $I_{cn}$ ) au moins égal au courant de court-circuit présumé en son point d'installation,
- soit, si ce n'est pas le cas, être associé à un autre dispositif de coupure situé en amont et ayant le pouvoir de coupure nécessaire.

Dans ce dernier cas, les caractéristiques des deux dispositifs doivent être coordonnées de manière que l'énergie que laisse passer le dispositif placé en amont ne soit pas supérieure à celle que peut supporter sans dommage le dispositif placé en aval et les canalisations protégées par ces dispositifs.

Cette possibilité est mise à profit dans :

- des associations fusibles-disjoncteurs,
- des associations disjoncteurs-disjoncteurs appelées filiation qui utilisent le fort pouvoir de limitation des disjoncteurs Compact (voir le paragraphe 4.5).

Pour la France, la norme d'installation NF C 15-100 CEI 60 364 partie 4-43 reconnaît dans les mêmes termes les prescriptions décrites ci-dessus.

### Choix d'un disjoncteur général d'arrivée et des disjoncteurs principaux

#### Un seul transformateur

Si le transformateur est installé dans un poste d'abonné à comptage BT, certaines normes nationales exigent un disjoncteur à coupure visible (tel qu'un disjoncteur Compact NSX débrochable ou un disjoncteur Compact NSX associé à un interrupteur INV à coupure visible).

**Exemple** (cf. Fig. H41 page suivante)

Quel doit être le type de disjoncteur général pour une installation alimentée par un transformateur MT/BT triphasé 400 V de 250 kVA installé dans un poste d'abonné à comptage BT ?

$I_n$  transformateur = 360 A

$I_{cc}$  (triphasé) = 8,9 kA

Un disjoncteur Compact NSX 400 N équipé d'un déclencheur Micrologic réglable sur la plage 160...400 A et ayant un pouvoir de coupure  $I_{cu}$  de 50 kA est un choix adapté à cette application.

H21

Dans le cas d'une alimentation par plusieurs transformateurs, le disjoncteur d'arrivée d'un des transformateurs doit avoir un pouvoir de coupure tel qu'en cas de court-circuit en amont sur son arrivée, il puisse couper seul un courant de court-circuit alimenté par tous les autres transformateurs.

**Plusieurs transformateurs en parallèle (cf. Fig. H42)**

■ Chaque disjoncteur principal DP d'un départ du tableau de distribution BT doit pouvoir couper un courant de court-circuit alimenté par tous les transformateurs connectés au jeu de barres soit dans l'exemple  $I_{cc DP} = I_{cc1} + I_{cc2} + I_{cc3}$ .

■ Chaque disjoncteur général DG d'arrivée protégeant le secondaire d'un transformateur, doit pouvoir couper seul la valeur maximale d'un courant de court-circuit situé sur le circuit en amont, soit par exemple  $I_{cc} = I_{cc2} + I_{cc3}$  pour un court-circuit situé juste en amont du disjoncteur DG1.

De cette considération, il ressort que :

- le disjoncteur général protégeant l'arrivée du transformateur ayant la plus faible puissance doit pouvoir couper le courant de court-circuit le plus élevé (fourni par tous les autres transformateurs),
- le disjoncteur général protégeant l'arrivée du transformateur ayant la plus forte puissance doit pouvoir couper le courant de court-circuit le moins élevé (fourni par tous les autres transformateurs).

En conséquence chaque disjoncteur général, dont le courant de réglage est déterminé par le calibre en kVA de son seul transformateur d'alimentation, doit être aussi dimensionné en terme de pouvoir de coupure qui dépend des autres transformateurs.

**Note :** les conditions essentielles pour réaliser la marche en parallèle de 3 transformateurs sont résumées ci-après :

1. tous les transformateurs doivent être du même type de couplage primaire-secondaire,
2. les rapports de transformation des tensions à vide doivent être identiques,
3. les impédances de court-circuit doivent être égales.

Par ailleurs, pour des transformateurs ayant un rapport supérieur à 2 entre les puissances nominales, la marche en parallèle n'est pas recommandée.

Par exemple, un transformateur de 750 kVA avec une impédance de court-circuit  $Z_{cc} = 6\%$  peut fonctionner correctement en parallèle avec un transformateur de 1000 kVA ayant la même impédance de court-circuit  $Z_{cc} = 6\%$ . Les deux transformateurs sont automatiquement chargés proportionnellement à leur puissance en kVA.

Le tableau de la **Figure H43** indique pour les schémas les plus courants (deux ou trois transformateurs de même puissance) le courant maximal de court-circuit que doit couper chaque disjoncteur général et chaque disjoncteur principal (respectivement DG et DP dans la Figure H42).

Le tableau est établi en faisant les hypothèses suivantes :

- la puissance de court-circuit du réseau triphasé en amont est de 500 MVA,
- les transformateurs sont de type standard 20 kV/400 V,
- la connexion entre le transformateur et le disjoncteur général de chaque circuit est réalisée par des câbles unipolaires de 5 mètres,
- la connexion entre un disjoncteur général (d'arrivée) et un disjoncteur principal (de départ) est réalisée par des barres de 1 mètre,
- l'appareillage est installé dans des tableaux fermés dans une température ambiante de 30 °C.

De plus, ce tableau indique des choix de disjoncteurs Schneider Electric :

- pour le disjoncteur général,
- pour le disjoncteur principal pour la valeur de courant assigné 250 A, à titre d'exemple.

H22

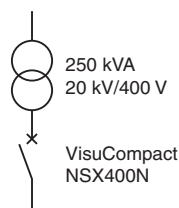


Fig. H41 : Exemple d'un transformateur et comptage BT

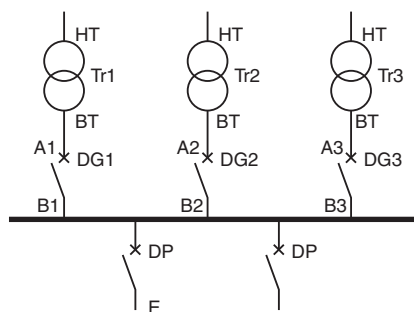


Fig. H42 : Transformateurs en parallèle

Nombre et puissance des transformateurs 20 kV/400 V S en kVA	Disjoncteur général Pouvoir de coupure (PdC) minimum (kA)	Disjoncteur général (Sélectivité totale avec les départs)	Disjoncteur principal Pouvoir de coupure (PdC) minimum (kA)	Disjoncteur principal Choix pour un courant assigné de 250 A
2 x 400	14	NW08N1/NS800N	27	NSX250H
3 x 400	28	NW08N1/NS800N	42	NSX250H
2 x 630	22	NW10N1/NS1000N	42	NSX250H
3 x 630	44	NW10N1/NS1000N	67	NSX250H
2 x 800	19	NW12N1/NS1250N	38	NSX250H
3 x 800	38	NW12N1/NS1250N	56	NSX250H
2 x 1 000	23	NW16N1/NS1600N	47	NSX250H
3 x 1 000	47	NW16N1/NS1600N	70	NSX250H
2 x 1 250	29	NW20N1/NS2000N	59	NSX250H
3 x 1 250	59	NW20N1/NS2000N	88	NSX250L
2 x 1 600	38	NW25N1/NS2500N	75	NSX250L
3 x 1 600	75	NW25N1/NS2500N	113	NSX250L
2 x 2 000	47	NW32N1/NS3200N	94	NSX250L
3 x 2 000	94	NW32N1/NS3200N	141	NSX250L

Fig. H43 : Intensités maximales des courants de court-circuit que doivent couper un disjoncteur général et un disjoncteur principal avec plusieurs transformateurs en parallèle

## 4 La solution disjoncteur

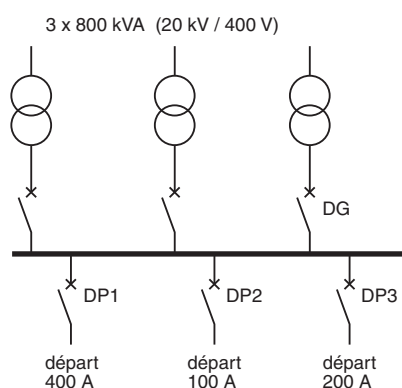


Fig. H44 : Exemple de transformateurs en parallèle

La valeur du courant de court-circuit en tout point de l'installation peut être obtenue sur des tableaux à partir de la valeur du courant de court-circuit à l'origine de l'installation

### Exemple (cf. Fig. H44)

- 3 transformateurs de 800 kVA (soit  $I_n = 1126$  A) en parallèle.
- La lecture du tableau de la Figure H43 permet de déduire dans ce cas :
- le pouvoir de coupure (PdC) minimum  $I_{cu} = 38$  kA
  - directement, le choix du disjoncteur Compact NS 1250N ( $I_n = 1250$  A,  $I_{cu} = 50$  kA).
- Choix des disjoncteurs principaux DP :
- La lecture du tableau de la Figure H43 permet en effet :
- le pouvoir de coupure (PdC) minimum  $I_{cu} = 56$  kA
  - directement, le choix du disjoncteur Compact NSX 250H ( $I_n = 250$  A,  $I_{cu} = 70$  kA), pour le départ 250 A, disjoncteur DP1.
- Afin d'optimiser la distribution BT, il est cependant recommandé de choisir pour les disjoncteurs principaux de ces trois départs des disjoncteurs limiteurs respectivement de NSX 400 L, NSX 100 L et NSX 250 L. Le pouvoir de coupure de tous ces disjoncteurs est  $I_{cu} = 150$  kA.
- Le choix de ces disjoncteurs permet en :
- d'être sélectifs (sélectivité totale) avec les disjoncteurs en amont (Compact NS 1250 N),
  - de mettre en œuvre la technique de filiation et, donc, de réaliser d'importantes économies sur les disjoncteurs installés en aval.

### Choix des disjoncteurs divisionnaires et des disjoncteurs terminaux

A partir des tableaux de la Figure G39 du chapitre G, la valeur du courant de court-circuit triphasé peut être déterminée rapidement en tout point de l'installation connaissant :

- l'intensité du courant de court-circuit à un point situé en amont de l'emplacement du disjoncteur concerné,
- la longueur, la section et la nature de la canalisation située entre ces deux points.

Il suffit ensuite de choisir un disjoncteur dont le pouvoir de coupure est supérieur à la valeur lue dans le tableau.

#### Calcul détaillé du courant de court-circuit

Afin de calculer plus précisément le courant de court-circuit, notamment lorsque le pouvoir de coupure du disjoncteur est légèrement plus faible que le courant de court-circuit déduit du tableau, il est nécessaire d'utiliser la méthode indiquée dans le chapitre G paragraphe 4.

#### Emploi des disjoncteurs Phase-Neutre

Ces disjoncteurs sont munis uniquement d'un seul déclencheur sur la phase et peuvent être installés en schéma TT, TN-S et IT.

En schéma IT, les conditions suivantes doivent être respectées :

- la condition (B) du tableau de la Figure G64 pour la protection du conducteur neutre contre les surintensités en cas d'un défaut double,
- le pouvoir de coupure du disjoncteur, si le courant de court-circuit triphasé est :
  - inférieur à 10 kA, le disjoncteur Phase-Neutre doit être capable de couper sur un pôle (à la tension phase phase) un courant de double défaut égal à 15 % du courant présumé de court-circuit triphasé au point d'installation,
  - supérieur à 10 kA, le disjoncteur Phase-Neutre doit être capable de couper sur un pôle (à la tension phase phase) un courant de double défaut égal à 25 % du courant présumé de court-circuit triphasé au point d'installation,

Ces conditions s'appliquent aussi au choix des disjoncteurs bipolaires, tripolaires et tétrapolaires.

- la protection contre les contacts indirects : elle est assurée selon les règles du schéma IT.

Cette prescription est indiquée dans la norme CEI 60364-4-43 au paragraphe 431.2.2 et dans la norme CEI 60947-2 annexe H.

En France, la norme NF C 15-100 reprend, en termes identiques, les articles de la norme CEI 60364-4-43.

#### Pouvoir de coupure insuffisant

Dans une distribution électrique à basse tension, il arrive parfois, principalement pour les installations de forte puissance, que l'intensité du courant présumé de court-circuit  $I_{cc}$  soit supérieure au pouvoir de coupure  $I_{cu}$  du disjoncteur que l'on souhaite installer.

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

H23

Les solutions ci-après peuvent être envisagées :

- solution 1 : utiliser la technique de filiation (décrite dans le paragraphe 4.5) si le disjoncteur situé en amont est de type limiteur et le permet,
- solution 2 : remplacer un disjoncteur situé en amont non limiteur par un disjoncteur limiteur. Cette solution est intéressante économiquement seulement si un ou deux appareils sont concernés,
- solution 3 : associer un fusible de type gG ou aM en amont du disjoncteur. Cette association doit respecter les règles suivantes :
  - choisir un fusible de calibre approprié,
  - ne pas installer de fusible sur le conducteur neutre sauf dans certains cas d'installation en schéma IT. En schéma IT si le courant de double défaut conduit à un courant de court-circuit supérieur au pouvoir de coupure du disjoncteur, un fusible peut être aussi installé sur le conducteur neutre à condition que la fusion de ce fusible provoque le déclenchement du disjoncteur.

Seuls des essais en laboratoire permettent de déterminer et de garantir la coordination entre deux disjoncteurs.

## 4.5 Coordination entre les disjoncteurs

Le terme de coordination concerne le comportement de deux appareils D1 et D2 placés en série dans une distribution électrique, en présence d'un court-circuit en aval de D2 (cf. Fig. H45). Il recouvre deux notions :

- la filiation ou protection d'accompagnement,
- la sélectivité.

Pour déterminer et garantir la coordination entre deux disjoncteurs, il est nécessaire d'effectuer une première approche théorique et de confirmer les résultats par des essais judicieusement choisis.

La norme CEI 60947-2 annexe A demande aux constructeurs que les résultats soient vérifiés par un grand nombre d'essais et consignés dans des tableaux.

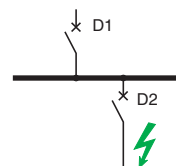


Fig. H45 : Coordination entre disjoncteurs

La technique de filiation consiste à utiliser le pouvoir de limitation des disjoncteurs en amont pour installer en aval des disjoncteurs, en général standard, ayant des performances moindres. Elle procure de ce fait une simplification et des économies pour l'installation.

### Filiation

#### Définition de la filiation

En limitant la valeur crête d'un courant de court-circuit traversant, un disjoncteur limiteur permet l'utilisation, dans les circuits placés en aval de ce disjoncteur, d'appareillages ayant un pouvoir de coupure (disjoncteurs) et des caractéristiques de tenue thermique et électromécanique bien inférieures à ceux nécessaires sans limitation.

La réduction de la taille physique et des performances requises conduit à de substantielles économies et à la simplification de la conception de l'installation. Il est à noter que :

- en conditions de court-circuit, un disjoncteur limiteur a pour effet pour les circuits situés en aval d'augmenter l'impédance de source,
- pour toutes les autres conditions de fonctionnement, il n'a aucun effet similaire, par exemple, lors d'un démarrage d'un moteur de forte puissance (pour lequel une source à faible impédance est hautement recommandée).

Les disjoncteurs de la gamme Compact NSX à haut pouvoir de limitation présentent ainsi des avantages économiques particulièrement intéressants.

#### Conditions de mise en œuvre

La plupart des normes d'installation nationales autorisent ce type d'association à condition que l'énergie que laisse passer le disjoncteur en amont ne soit pas supérieure à celle que peut supporter sans dommage le ou les disjoncteurs installés en aval bénéficiant du pouvoir de limitation du disjoncteur installé en amont.

La norme CEI 60364-5-53 § 535.2 reconnaît cette association, la norme CEI 60364-4-43 § 434.5.1 permet son application au niveau des pouvoirs de coupure.

Pour la France :

- la norme NF C 15-100 § 535.2 reconnaît cette association dans ces conditions,
- la norme NF C 15-100 § 434.5.1 permet son application au niveau des pouvoirs de coupure.

H24

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

## 4 La solution disjoncteur

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

Pour déterminer et garantir la filiation entre disjoncteurs, le constructeur doit effectuer des essais judicieusement choisis. C'est ainsi que Schneider Electric a toujours pratiqué pour établir les tableaux de filiation qui sont aujourd'hui en parfait accord avec l'annexe A de la norme CEI 60947-2. A titre d'exemple, le tableau de la **Figure H46** indique les possibilités de filiation des disjoncteurs C60, DT40N, C120 et NG125 avec les disjoncteurs Compact NSX 250 N, H ou L pour un réseau triphasé 230-240/400-415 V.

	kA eff.			
<b>Pouvoir de coupure du disjoncteur limiteur en amont</b>	150			NSX250L
	70		NSX250H	
	50	NSX250N		
		▼	▼	▼
<b>Pouvoir de coupure renforcé par filiation du disjoncteur en aval</b>	150			NG125L
	70		NG125L	
	36	NG125N	NG125N	
	30	C60N/H<=32A	C60N/H<=32A	C60N/H<=32A
	30	C60L<=25A	C60L<=25A Quick PRD 40/20/8	C60L<=25A
	25	C60H>=40A C120N/H	C60H>=40A C120N/H	C60H>=40A C120N/H
	20	C60N>=40A	C60N>=40A	C60N>=40A

Fig. H46 : Exemple de possibilités de filiation pour un réseau triphasé 230-240/400-415 V

### 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.

### 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 (cf. **Fig. H47**). L'étude de sélectivité décrite ci-après utilise la terminologie de la CEI 60947-2 pour les différents seuils de déclenchement (voir § 4.2).

La sélectivité entre deux disjoncteurs D1 et D2 est **totale** si D2 fonctionne pour toute valeur de court-circuit jusqu'au courant de court-circuit franc triphasé au point où il est placé (cf. **Fig. H48**).

Une sélectivité peut-être de type ampèremétrique, chronométrique ou énergétique, et alors être partielle ou totale, ou encore de type logique. Le système SELLIM (brevet Schneider Electric) associe les avantages de la sélectivité et de la limitation.

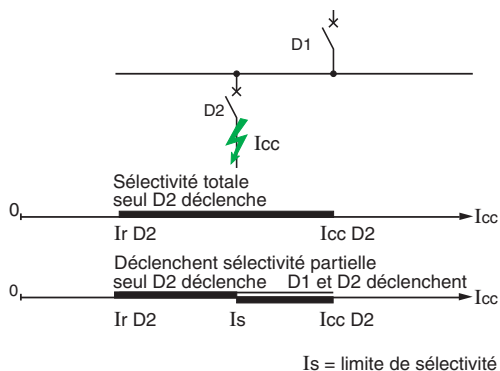


Fig. H47 : Sélectivité totale et partielle

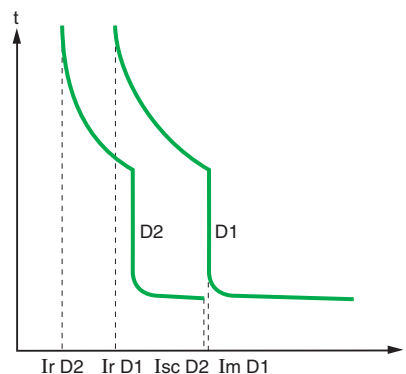


Fig. H48 : Sélectivité totale entre les disjoncteurs D1 et D2

Correspondance :  
CEI 60947-2 et NF EN 60947-2

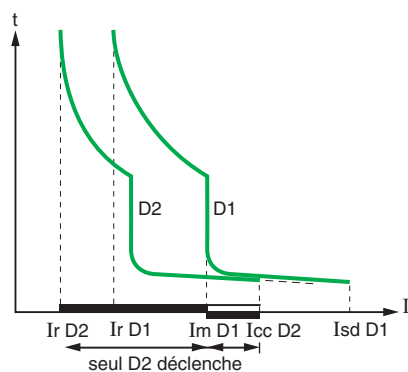


Fig. H49 : Sélectivité partielle entre les disjoncteurs D1 et D2

La sélectivité est **partielle** si D2 fonctionne seul jusqu'à un courant de court-circuit présumé  $I_s$  inférieur à  $I_{cc} D2$ . Au-delà de cette valeur, D1 et D2 fonctionnent simultanément (cf. Fig. H49).

**Principe de la sélectivité selon le type de protection**

■ Protection contre les courants de surcharge : sélectivité ampèremétrique  
La sélectivité ampèremétrique est fondée sur l'étagement des niveaux des courants (cf. Fig. H50a).

□ Cette technique repose sur le décalage en intensité (vers la droite) des courbes de protection : le réglage de la protection en amont est toujours plus élevé que celui de la protection en aval.

□ Cette technique utilisée seule assure une sélectivité totale lorsque le courant présumé de défaut  $I_{cc} D2$  est suffisamment faible (distribution terminale) pour être inférieur au magnétique fixe (ou au seuil de réglage de la protection Court retard) du disjoncteur en amont  $I_{sd} D1$  (la limite de sélectivité est  $I_s = I_{sd} D1$ ).

Une règle simple pour obtenir une sélectivité totale dans le cas général :

- $I_r D1 / I_r D2 > 2$ ,
- $I_{sd} D1 > I_{sd} D2$ .

■ Protection contre les courants de court-circuit de faible valeur : sélectivité chronométrique

La sélectivité chronométrique est fondée sur l'étagement des temporisations (cf. Fig. H50b).

Cette technique repose sur le décalage en temps (décalage vers le haut) des courbes de protection :

- le retard intentionnel ( $\Delta t$ ), ou la différence des retards intentionnels, entre les déclenchements des disjoncteurs est suffisant pour assurer la sélectivité,
- les seuils des protections Court retard sont aussi suffisamment étagés.

Cette technique de sélectivité ne peut pas être utilisée seule en BT : elle doit être associée à la technique de sélectivité précédente. La sélectivité est totale lorsque le courant présumé de défaut  $I_{cc} D2$  est inférieur au seuil de réglage de la protection Instantané du disjoncteur en amont  $I_i D1$  (cas du disjoncteur général en amont des disjoncteurs principaux dans les TGBT)

Combinaison de ces deux techniques (cf. Fig. H50c).

La règle pour obtenir une sélectivité totale dans le cas général

- $I_r D1 / I_r D2 > 2$ ,
- $I_{sd} D1 / I_{sd} D2 > 2$ ,
- $\Delta t D1 > \Delta t D2$  (généralement 50 % de différence est suffisant),
- $I_{cc} D2 < I_i D1$ .

■ Protection contre les courants de court-circuit de forte valeur : sélectivité énergétique

La sélectivité énergétique repose sur la capacité du disjoncteur aval D2 à limiter l'énergie le traversant à une valeur inférieure à celle nécessaire pour provoquer le déclenchement du disjoncteur amont D1.

Aucune règle générale ne peut être établie : seuls des essais conformément aux normes CEI 60947-1 et -2 peuvent garantir une telle sélectivité

**Synthèse des techniques de sélectivité**

■ Sélectivité ampèremétrique (cf. Fig. H51) :

- $I_s = I_{sd} D2$  si les seuils de la protection Court retard des deux disjoncteurs,  $I_{sd} D1$  et  $I_{sd} D2$ , sont égaux ou très proches,
- $I_s = I_{sd} D1$  si les seuils de la protection Court retard des deux disjoncteurs,  $I_{sd} D1$  et  $I_{sd} D2$ , sont suffisamment éloignés.

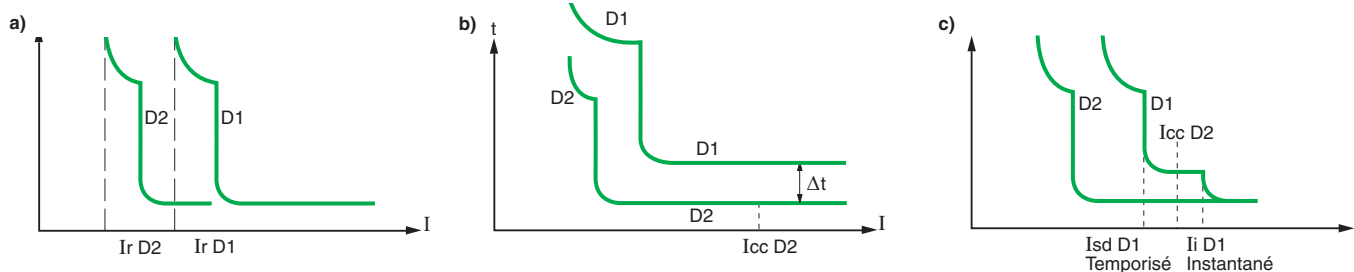


Fig. H50 : Sélectivité

## 4 La solution disjoncteur

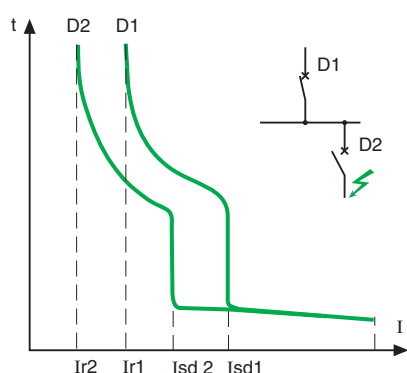


Fig. H51 : Sélectivité ampèremétrique

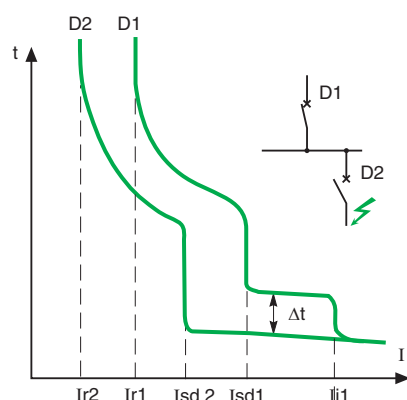


Fig. H52 : Sélectivité chronométrique

Une règle simple, la sélectivité ampèremétrique est pleinement réalisée si

- $I_r D1 / I_r D2 > 2$ ,
- $I_{sd} D1 / I_{sd} D2 > 2$ .

La limite de sélectivité est :

- $I_s = I_{sd} D1$ .

### Qualité de la sélectivité

La sélectivité est totale si  $I_{cc2} < I_{sd} D1$

Cela implique :

- un faible niveau du courant de court-circuit  $I_{cc2}$ ,
  - une différence importante entre les calibres des disjoncteurs.
- La sélectivité ampèremétrique seule est utilisée dans la distribution terminale.

### ■ Sélectivité chronométrique (cf. Fig. H52)

Les seuils ( $I_r D1$ ,  $I_{sd} D1$ ) de D1 et ( $I_r D2$ ,  $I_{sd} D2$ ) de D2 respectent les règles d'étagement de la sélectivité ampèremétrique.

La limite de sélectivité  $I_s$  :

- $I_s \leq I_i D1$  sur les départs terminaux et/ou divisionnaires.

Des disjoncteurs de catégorie A (suivant CEI 60947-2) en aval peuvent être utilisés avec des disjoncteurs légèrement temporisés en amont. Cela permet de prolonger la sélectivité ampèremétrique jusqu'au seuil de protection Instantané  $I_i1$  du disjoncteur en amont.

- $I_s \geq I_{cw} D1$  sur les arrivées et les départs du TGBT.

A ce niveau, la continuité de service étant prioritaire, les caractéristiques de l'installation permettent l'utilisation de disjoncteurs de catégorie B (suivant CEI 60947-2) conçus pour un déclenchement temporisé. Ces disjoncteurs ont une tenue thermique élevée ( $I_{cw} \leq 50\% I_{cu}$  pour  $\Delta t = 1s$ ).

Nota : L'utilisation de disjoncteurs de catégorie B impose à l'installation de supporter des contraintes électrodynamiques et thermiques importantes.

De ce fait, ces disjoncteurs ont un seuil instantané  $I_i$  élevé, réglable et inhibable, pour protéger éventuellement les jeux de barres.

### Qualité de la sélectivité

La sélectivité est totale si :

- sur les départs terminaux et/ou divisionnaires avec des disjoncteurs en amont de catégorie A :

$$I_{cc} D2 < I_i D1$$

Nota : le courant de court-circuit  $I_{cc} D2$  n'est pas trop élevé.

- sur les arrivées et les départs du TGBT avec des disjoncteurs en amont de catégorie B :

$$I_{cc} D2 \geq I_{cw} D1$$

Même pour des  $I_{cc} D2$  importants, la sélectivité chronométrique assure une sélectivité totale.

### ■ Sélectivité énergétique

- Avec les disjoncteurs traditionnels.

Lorsque la filiation est mise en œuvre entre deux appareils, elle se fait par le déclenchement du disjoncteur en amont D1 pour aider le disjoncteur en aval D2 à couper le courant. La limite de sélectivité a une valeur  $I_s$  au maximum égale au pouvoir de coupure  $I_{cu} D2$  du disjoncteur en aval (car au delà les deux disjoncteurs déclenchent pour assurer la filiation).

- Grâce à la limitation de courant avec Compact NSX

La technique de coupure mise en œuvre sur les courants de court-circuit élevés permet d'augmenter naturellement la limite de sélectivité :

- Le disjoncteur D2 (Compact NSX) en aval voit un courant de court-circuit très important. Le déclenchement réflexe le fait ouvrir très rapidement ( $< 1ms$ ) avec une très forte limitation du courant de défaut.
- Le disjoncteur D1 (Compact NSX) en amont voit un courant de défaut très limité.

Ce courant génère une répulsion des contacts. Cette répulsion entraîne une tension d'arc limitant encore plus le courant de court-circuit. Mais la pression d'arc est insuffisante pour provoquer le déclenchement réflexe. Ainsi D1 (Compact NSX) aide D2 (Compact NSX) à couper le courant sans déclencher.

La limite de sélectivité  $I_s$  peut dépasser le pouvoir de coupure  $I_{cu} D2$  du disjoncteur en aval et atteindre le pouvoir de coupure renforcé par filiation.

La sélectivité devient alors totale avec un coût optimisé d'appareils.

H27

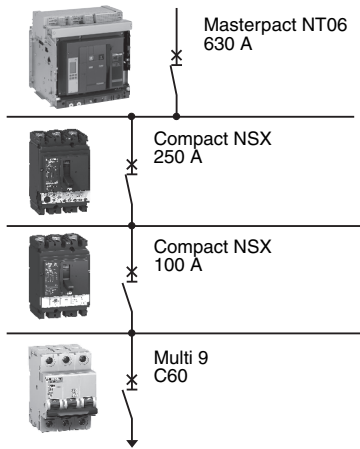


Fig. H53 : Quatre niveaux de sélectivité avec les disjoncteurs Schneider Electric : Masterpact NT Compact NSX et Multi 9

Une règle simple, la sélectivité entre les disjoncteurs Compact NSX est totale dès que leur rapport de taille est  $\geq 2,5$ .

**Qualité de la sélectivité avec Compact NSX**

L'avantage principal des disjoncteurs Compact NSX est de rendre naturelle la sélectivité totale (indépendamment de la valeur du courant de court-circuit  $I_{cc} D2$ ) dès que :

- l'étagement des réglages Long retard et Court retard est  $\geq 1,6$ ,
- l'étagement des calibres nominaux (taille des boîtiers) des appareils est  $\geq 2,5$ .

■ Exemple pratique de sélectivité à plusieurs niveaux avec des disjoncteurs Schneider Electric (équipés de déclencheurs électroniques).

Le disjoncteur Masterpact NT est totalement sélectif avec n'importe lequel des disjoncteurs de la gamme Compact NSX c'est à dire le disjoncteur en aval déclenche seul pour toute valeur de courant de court-circuit jusqu'à son pouvoir de coupure. De plus, tous les disjoncteurs Compact NSX sont totalement sélectifs entre eux dès que

- le rapport entre les tailles de boîtier est 2,5,
- le rapport entre les réglages des protections est de 1,6.

La même règle s'applique pour la sélectivité totale avec les disjoncteurs modulaires Multi 9 installés en aval (cf. Fig. H53).

H28

La sélectivité logique n'est réalisable qu'avec des disjoncteurs équipés de déclencheurs électroniques conçus à cette fin (Compact, Masterpact).

**Sélectivité logique ou "Zone Sequence Interlocking – ZSI"**

Ce type de sélectivité est réalisable avec des disjoncteurs équipés de déclencheurs électroniques conçus à cette fin (Compact, Masterpact). Seules les fonctions de protection Court retard ou de protection Terre (GFP) des appareils pilotés sont gérées par la Sélectivité Logique qui nécessite la mise en oeuvre d'un fil pilote reliant tous les dispositifs de protection placés en cascade dans une installation. En particulier, la fonction protection Instantané - fonction de protection intrinsèque - n'est pas concernée.

**Réglages des disjoncteurs pilotés**

- temporisation : il est nécessaire de respecter l'étagement des temporisations de la sélectivité chronométrique ( $\Delta t D1 \geq \Delta t D2 \geq \Delta t D3$ ),
- seuils : il est nécessaire de respecter l'étagement naturel des calibres des protections ( $I_{sd} D1 \geq I_{sd} D2 \geq I_{sd} D3$ ).

Nota : Cette technique permet d'obtenir une sélectivité même avec des disjoncteurs de calibres proches.

**Principes**

L'activation de la fonction Sélectivité Logique se fait par la transmission d'informations sur le fil pilote :

- entrée ZSI :
  - niveau bas (absence de défaut en aval) : la fonction de protection est en veille avec une temporisation réduite ( $\leq 0,1$  s),
  - niveau haut (présence de défaut en aval) : la fonction de protection concernée passe à l'état de la temporisation réglée sur l'appareil.
- sortie ZSI :
  - niveau bas : le déclencheur ne détecte pas de défaut, n'envoie par d'ordre,
  - niveau haut : le déclencheur détecte un défaut, envoie un ordre.

**Fonctionnement**

Un fil pilote relie en cascade les dispositifs de protection d'une installation (cf. Fig. H54). Lorsqu'un défaut apparaît, chaque disjoncteur, qui détecte le défaut envoie un ordre (sortie à niveau haut) pour faire passer le disjoncteur situé juste en amont à sa temporisation naturelle (entrée à niveau haut).

Le disjoncteur placé juste au dessus du défaut ne reçoit pas d'ordre (entrée niveau bas) et de ce fait déclenche quasi instantanément.

**Qualité de la sélectivité**

Cette technique permet :

- de réaliser en standard la sélectivité sur trois niveaux ou plus,
- dans le cas d'un défaut directement sur le jeu de barres amont, d'éliminer les contraintes importantes sur l'installation liées à l'utilisation de disjoncteurs à déclenchement temporisé afin d'obtenir une sélectivité chronométrique :

En sélectivité logique, tous les disjoncteurs sont « virtuellement » à déclenchement instantané.

- de réaliser une sélectivité classique en aval avec des disjoncteurs non pilotés (par la sélectivité logique).

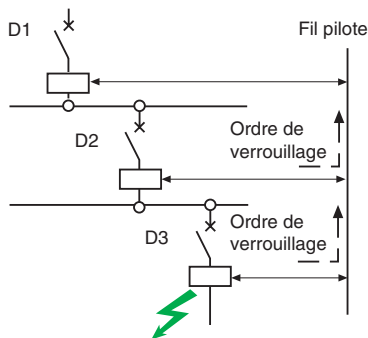


Fig. H54 : Sélectivité logique

© Schneider Electric - tous droits réservés

## 4 La solution disjoncteur

### 4.6 Sélectivité MT/BT dans un poste d'abonné à comptage BT

En général, le transformateur MT/BT dans un poste d'abonné à comptage BT est protégé par des fusibles MT :

- d'un calibre approprié par rapport au dimensionnement du transformateur,
- en conformité avec les principes développés dans les normes CEI 60787 et CEI 60420,
- en suivant les recommandations du constructeur de fusibles.

L'exigence de base est qu'un fusible MT ne doit pas fonctionner lors de l'apparition d'un défaut sur la distribution à basse tension en aval du disjoncteur général BT. De ce fait, la courbe caractéristique de déclenchement de ce dernier doit toujours être située en dessous de la courbe de pré-arc du fusible MT.

Cette exigence définit généralement les seuils maximaux des réglages du disjoncteur général BT :

- le seuil maximal du réglage de la protection Court retard et de la protection Instantané,
- la temporisation maximale de la protection Court retard (cf. Fig. H55),

#### Exemple :

- le courant de court-circuit aux bornes MT du transformateur : 250 MVA.
- transformateur MT/BT : 1250 kVA ; 20 kV / 400 V ;
- fusibles HT : 63 A (tableau C11),
- liaison transformateur-disjoncteur général BT : 10 m de câbles unipolaires,
- disjoncteur général BT : Visucompact NS2000 réglé à 1800 A.

Quel est le réglage maximal du déclencheur court retard et son seuil de temporisation ?

Les courbes de la Figure H56 montrent que la sélectivité est assurée si le déclencheur court-retard du disjoncteur est réglé comme suit :

- seuil  $I_{sd} \leq 6 I_r = 10,8 \text{ kA}$ ,
- temporisation  $t_{sd}$  réglée sur le cran 1 ou 2.

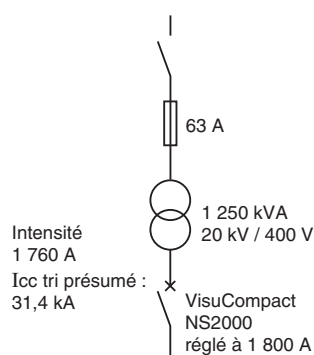


Fig. H55 : Exemple

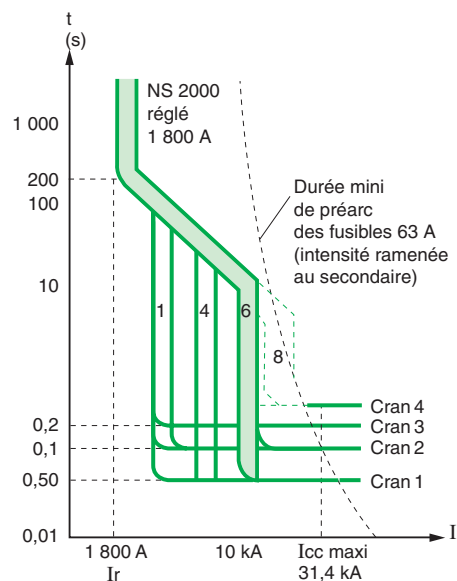


Fig. H56 : Courbes de pré-arc du fusible MT et de déclenchement du disjoncteur général BT

H29

