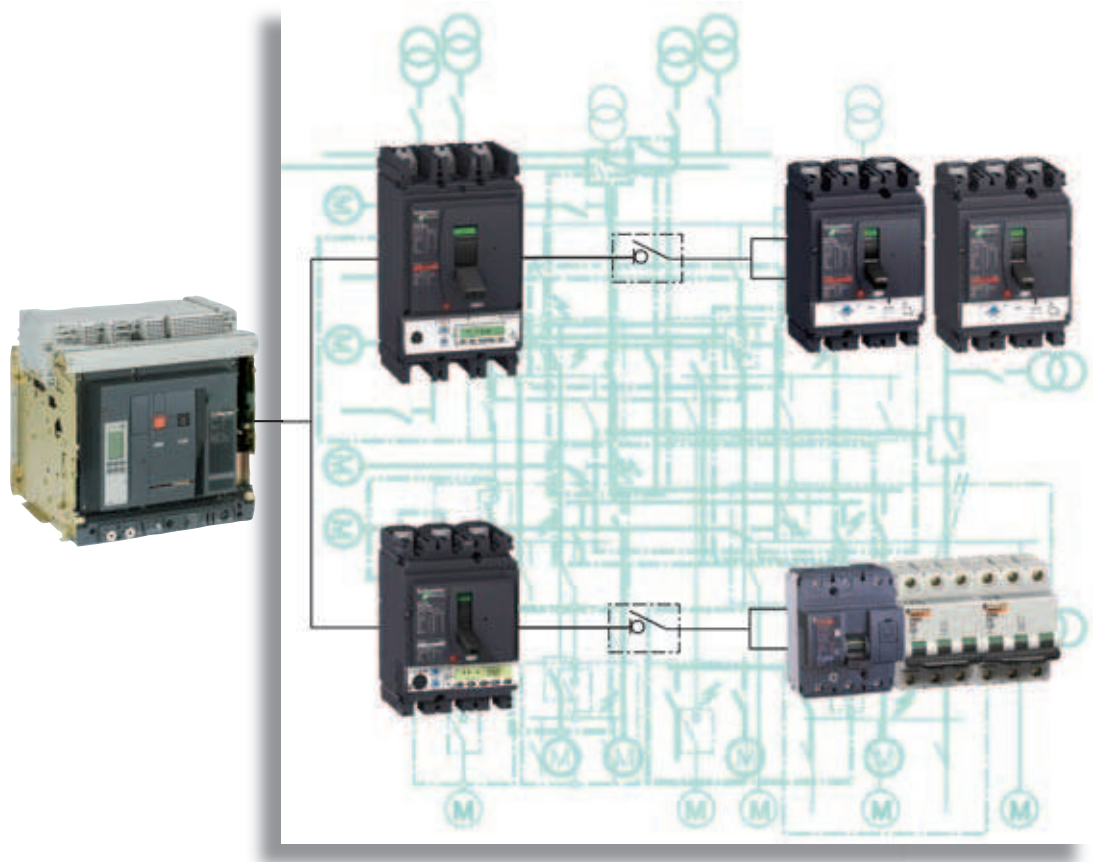


# Coordination des protections BT

n° 5





# Sommaire

<b>Lexique</b>	<b>2</b>
<b>Les exigences de la distribution électrique</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Sécurité et disponibilité</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Structure de distribution électrique BT</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Fonctionnalités et technologies des protections</b>	<b>5</b>
1.3.1. Les fonctionnalités des disjoncteurs	5
1.3.2. Niveau A : le TGBT	5
1.3.3. Niveau B : les tableaux divisionnaires	6
1.3.4. Niveau C : la distribution terminale	7
<b>1.4. La norme CEI 60947-2</b>	<b>8</b>
1.4.1 Les principes	8
1.4.2. Rappels sur les caractéristiques électriques normatives	9
1.4.3. Coordination entre disjoncteurs	11
<b>1.5. Tableau de synthèse</b>	<b>12</b>
<b>Les techniques de mise en œuvre</b>	<b>13</b>
<b>2.1. La limitation</b>	<b>13</b>
2.1.1. Principes	13
2.1.2. Pouvoir de limitation d'un disjoncteur	14
2.1.3. Avantages	14
2.1.4. Courbes de limitation	16
<b>2.2. La filiation ou cascading</b>	<b>17</b>
2.2.1. Domaine d'utilisation	17
<b>2.3. La sélectivité</b>	<b>19</b>
2.3.1. Généralités	19
2.3.2. Techniques de sélectivité	20
<b>2.4. Les règles de sélectivité</b>	<b>23</b>
2.4.1. Règles générales de sélectivité	23
<b>2.5. La sélectivité des protections différentielles</b>	<b>24</b>
2.5.1. Sélectivité verticale	24
2.5.2. Sélectivité horizontale	25
<b>2.6. Coordination des protections et normes d'installation</b>	<b>26</b>
<b>Le choix de Schneider Electric</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Pour les disjoncteurs de puissance</b>	<b>29</b>
3.1.1. Technologie des pôles	29
3.1.2. Les innovations techniques des nouveaux Masterpact pour de meilleures performances	29
<b>3.2. Pour les disjoncteurs boîtier moulé DBM</b>	<b>34</b>
3.2.1. Déclencheurs	34
<b>3.3. Pour les disjoncteurs miniatures DMI</b>	<b>35</b>
<b>3.4. Les règles de la sélectivité de 1 à 6300 A</b>	<b>36</b>
3.4.1. Règles générales de sélectivité (en distribution)	36
3.4.2. Règles de sélectivité pour Masterpact NT et NW	36
3.4.3. Règles de sélectivité "naturelle" entre Compact NSX	37
3.4.4. La sélectivité renforcée par filiation avec les Compact NSX	38
3.4.5. Applications particulières	39
3.4.6. Synthèse	39
<b>La mise en œuvre de la sélectivité et de la filiation</b>	<b>40</b>
<b>4.1. Tableaux de sélectivité</b>	<b>40</b>
<b>4.2. Tableaux de filiation</b>	<b>40</b>
<b>4.3. Etude de la sélectivité HTA / BT de 1 à 6300 A</b>	<b>41</b>
4.3.1. Au niveau du TGBT	42
4.3.2. Filiation	42
4.3.3. Au niveau du tableau de distribution de puissance ③	43
4.3.4. Au niveau du tableau divisionnaire ④	43
4.3.5. Au niveau du tableau de distribution terminale ⑤	43

# Lexique

---

<b>TED :</b>	tenue électrodynamique.
<b>DPCC :</b>	dispositif de protection contre les courts-circuits.
<b>CEI :</b>	Commission Electrotechnique Internationale.
<b>TC :</b>	transformateurs de courant.
<b>UC :</b>	unité de contrôle.
<b>TGBT :</b>	tableau général basse tension.
<b>CEP :</b>	canalisations électriques préfabriquées.
<b>MT :</b>	moyenne tension (de 1 kV à 36 kV).
<b>I<sub>cc</sub> :</b>	courant de court-circuit.
<b>I<sub>cc</sub>(D1) :</b>	courant de court-circuit au point où D1 est installé.
<b>U<sub>cc</sub> :</b>	tension de court-circuit.
<b>DBM :</b>	disjoncteur boîtier moulé.
<b>PdC :</b>	pouvoir de coupure.
<b>I<sub>cu</sub><sup>(1)</sup> :</b>	pouvoir de coupure ultime.
<b>I<sub>cuD1</sub><sup>(1)</sup> :</b>	pouvoir de coupure ultime de D1.

*(1) Les caractéristiques électriques principales des disjoncteurs sont définies en page 8.*

**Sécurité et disponibilité** de l'énergie sont les exigences premières de l'exploitant.

La **coordination des protections** permet de répondre à ces besoins à un coût optimisé.

# Les exigences de la distribution électrique

La conception des installations basse tension amène à prévoir des protections de base contre trois types de défauts :

- les surcharges
- les courts-circuits
- les défauts d'isolement.

## 1.1. Sécurité et disponibilité

La mise en œuvre de ces protections doit prendre en compte :

- les aspects réglementaires notamment liés à la sécurité des personnes,
- des contraintes techniques et économiques.

L'appareillage choisi doit :

- supporter et éliminer les défauts avec un coût optimisé par rapport aux performances nécessaires,
- limiter l'incidence d'un défaut à une partie d'installation aussi réduite que possible pour assurer la continuité de service.

L'atteinte de ces objectifs passe par la **coordination** des performances des protections qui est nécessaire pour :

- **gérer la sécurité** et améliorer la longévité de l'installation par la limitation des contraintes,
- **gérer la disponibilité** en éliminant le défaut par le disjoncteur immédiatement en amont.

Les moyens de coordination entre disjoncteurs sont :

- la **filiation**,
- la **sélectivité**.

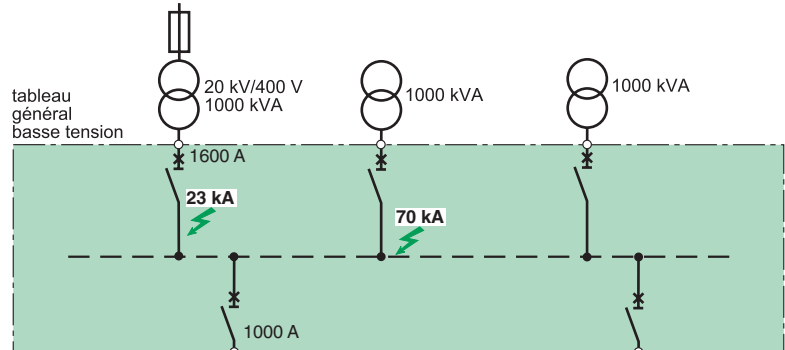
Si le défaut d'isolement est traité spécifiquement par des protections différentielles, il faut également assurer la sélectivité des dispositifs différentiels ou des protections terre).

# Les exigences de la distribution électrique

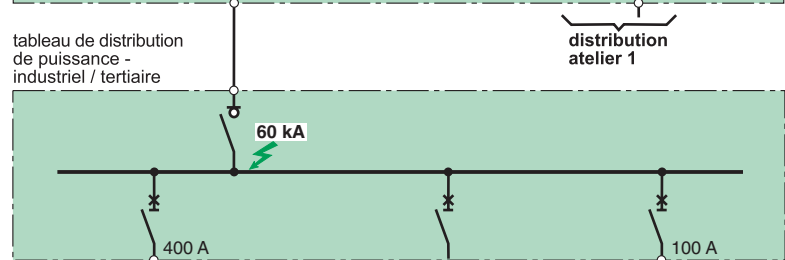
## 1.2. Structure de distribution électrique BT

E445026

Niveau A



Niveau B



Niveau C

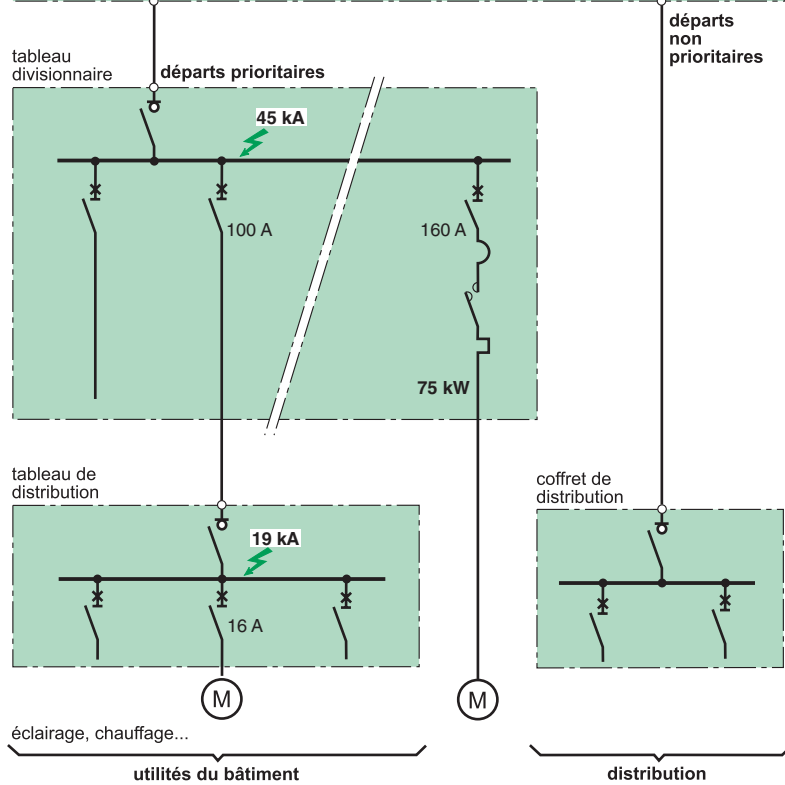


Schéma simplifié d'une installation type qui globalise la majorité des cas rencontrés en pratique.

### Les différents niveaux d'une installation électrique BT

Les trois niveaux de l'installation ont des besoins de disponibilité et de sécurité spécifiques.

**Les protections et leur coordination doivent s'adapter aux spécificités de l'installation.**

Au Niveau :

- du TGBT, le besoin en disponibilité d'énergie est maximum,
- des Tableaux Divisionnaires, la limitation des contraintes en cas de défaut est importante,
- de la Distribution Terminale, la sécurité des utilisateurs est un besoin essentiel.

## 1.3. Fonctionnalités et technologies des protections

### 1.3.1. Les fonctionnalités des disjoncteurs

Cet appareil de connexion est capable de fermer et d'interrompre un circuit quel que soit le courant jusqu'à son pouvoir de coupure.

Les fonctions à assurer sont :

- fermer le circuit,
- conduire le courant,
- ouvrir le circuit et couper le courant,
- assurer le sectionnement.

Les exigences d'installation, d'optimisation des coûts, de gestion de la disponibilité et de sécurité induisent des choix technologiques concernant le disjoncteur.

### 1.3.2. Niveau A : le TGBT

Le TGBT est la clef d'entrée de toute la distribution électrique : la disponibilité de l'énergie est primordiale dans cette partie de l'installation.

- Les courants de courts-circuits sont importants du fait :
  - de la proximité des sources BT,
  - de jeux de barres largement dimensionnés pour véhiculer des courants de fortes valeurs.

#### C'est le domaine des disjoncteurs de puissance

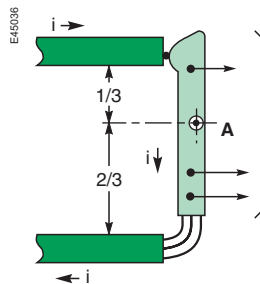


Schéma de compensation à propre courant.

Ces disjoncteurs sont conçus pour la distribution électrique de forte intensité :

- ils sont installés généralement dans les TGBT comme protection des arrivées et des départs de forte intensité ;
- ils doivent rester fermés en cas de court-circuit afin de laisser le disjoncteur aval éliminer les défauts. Ils sont généralement à fonctionnement temporisé. La tenue électrodynamique (TED) et la forte tenue thermique caractérisée par un courant de courte durée  $I_{cw}$  sont primordiales.

Par conception, la TED est rendue maximale par un effet de compensation à propre courant (voir page 29)

#### Principales caractéristiques de ces disjoncteurs :

- de type industriel, répondant à la norme CEI 60947-2,
- à fort pouvoir de coupure  $I_{cu}$  de 40 à 150 kA,
- de calibre nominal de 1000 à plus de 5000 A,
- de catégorie B :
  - avec un fort  $I_{cw}$  de 40 kA à 100 kA - 1 s,
  - avec une forte tenue électrodynamique (TED),
- à mécanisme de commande à accumulation permettant le couplage des sources. La continuité de service est assurée par la sélectivité totale :
  - vers l'amont avec les fusibles de protection du transformateur HT / BT <sup>(1)</sup>,
  - vers l'aval avec l'ensemble des départs (sélectivité de type chronométrique).

<sup>(1)</sup> L'intérêt de la sélectivité HT/BT réside surtout dans le fait que l'intervention de remise en service se fait de manière moins contraignante en BT (accessibilité, consignation). Ce sont des avantages conséquents pour la continuité de service.

# Les exigences de la distribution électrique

## 1.3.3. Niveau B : les tableaux divisionnaires

Les tableaux divisionnaires appartiennent à la partie intermédiaire de l'installation :

- la distribution se fait par des conducteurs (CEP ou câbles) au dimensionnement optimisé,
- les sources sont encore assez proches : les intensités de court-circuit peuvent atteindre 100 kA,
- le besoin de continuité de service est toujours très important.

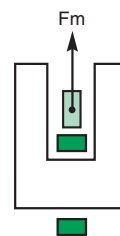
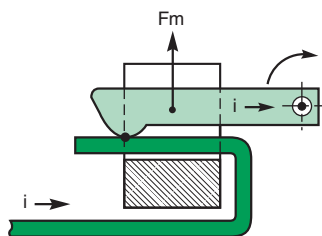
Les protections devront donc limiter les contraintes et être parfaitement coordonnées avec la distribution BT amont et aval.

### ■ C'est le domaine des disjoncteurs boîtier moulé.

Les disjoncteurs boîtier moulé doivent s'ouvrir et couper le courant le plus rapidement possible. Le besoin est principalement d'éviter au maximum les contraintes au niveau des câbles et des raccordements voire des récepteurs.

Pour cela, la répulsion au niveau des contacts doit être favorisée afin d'obtenir l'élimination du défaut avant son établissement.

E45041



Les schémas possibles sont :

- à simple boucle de répulsion,
- v à double répulsion,
- à extracteur, un noyau magnétique poussant ou tirant le contact mobile.

Exemple de schéma de répulsion

Les effets de la répulsion peuvent être renforcés par la mise en œuvre de circuits magnétiques :

- avec effets proportionnels au carré du courant (circuit avaleur ou expulseur en U),
- avec effets proportionnels à la pente du courant ( $di/dt$ ) donc particulièrement efficaces sur fort courant ( $I_{cc}$ ).

### Principales caractéristiques des disjoncteurs boîtier moulé :

- de type industriel, répondant à la norme CEI 60947-2,
- à pouvoir de coupure important (de 36 à 150 kA),
- de calibre nominal de 100 A à 1600 A,
- de catégorie B pour les disjoncteurs de fort calibre ( $> 630$  A),
- de catégorie A pour les disjoncteurs de plus faible calibre ( $< 630$  A),
- à fermeture et à ouverture brusques et à trois positions de manœuvre (On / Off / déclenché).

La continuité de service est assurée par une sélectivité :

- partielle éventuellement pour l'alimentation des départs non prioritaires,
- totale pour la distribution aval nécessitant une haute disponibilité en énergie.



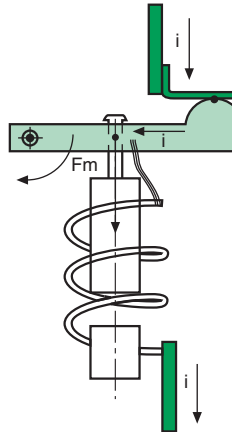
### 1.3.4. Niveau C : la distribution terminale

Les protections sont situées directement en amont des récepteurs ; la sélectivité vers les protections des niveaux supérieurs doit être réalisée.

Un faible courant de court-circuit (quelques kA) caractérise ce niveau.

#### ■ C'est le domaine du disjoncteur miniature.

E46218



Ces disjoncteurs sont conçus pour protéger la distribution terminale : il est nécessaire de limiter les contraintes sur les câbles, le raccordement et les récepteurs.

Les technologies des disjoncteurs miniatures, principalement utilisés à ce niveau de l'installation, pallient ces contraintes.

Dans les disjoncteurs miniatures, la limitation dépend en partie de l'actionneur magnétique. Après avoir déverrouillé le mécanisme, celui-ci va venir percuter le contact mobile en lui donnant de manière précoce une vitesse élevée. La tension d'arc se développe donc très tôt et très rapidement. Pour les disjoncteurs de petit calibre, l'impédance propre au pôle contribue à la limitation.

Le disjoncteur miniature est bien adapté à un usage domestique ou pour la protection d'auxiliaires : il est alors conforme à la norme CEI 60898.

En revanche, s'il est destiné à un usage industriel, il doit répondre à la norme CEI 60947-2.

#### Principales caractéristiques de ces disjoncteurs :

- de pouvoir de coupure en regard des besoins (soit quelques kA en moyenne),
- de calibre nominal de 1,5 à 125 A en fonction des récepteurs à alimenter,
- destiné généralement aux applications domestiques, ils sont conformes à la norme CEI 60898.

Les protections installées devront assurer :

- la limitation en courant,
- un confort d'exploitation,
- une sécurité absolue, car ces protections sont manipulées par des utilisateurs non spécialistes.

La norme CEI 60947-2 spécifie les caractéristiques essentielles des disjoncteurs industriels :

- la catégorie d'emploi,
- les caractéristiques de réglages,
- les dispositions constructives,

... Elle établit une série de tests très complets et représentatifs des conditions réelles d'exploitation des disjoncteurs. En annexe A, elle reconnaît et définit la Coordination des Protections - Sélectivité et Filiation -.

**La conformité d'un disjoncteur à la norme CEI 60947-2 est une assurance d'appareillage de qualité.**

# Les exigences de la distribution électrique

## 1.4. La norme CEI 60947-2

L'évolution du besoin de sûreté et des technologies a permis un relèvement significatif des exigences normatives pour les disjoncteurs industriels. La conformité à la norme CEI 947-2 renommée CEI 60947-2 depuis 1997, peut être considérée comme une assurance tout risque à l'emploi des disjoncteurs. Cette norme a été approuvée par l'ensemble des pays.

### 1.4.1 Les principes

La norme CEI 60947-2 fait partie d'une série de normes définissant les prescriptions des appareillages électriques basse tension :

- les règles générales CEI 60947-1, qui regroupent les définitions, les prescriptions et essais communs à tous les appareillages industriels BT,
- les normes produits CEI 60947-2 à 7, qui traitent des prescriptions et essais spécifiques au produit concerné.

La norme CEI 60947-2 s'applique aux disjoncteurs et aux déclencheurs qui leur sont associés. Les caractéristiques de fonctionnement des disjoncteurs dépendent des déclencheurs ou des relais qui commandent leur ouverture dans des conditions définies.

Cette norme définit les caractéristiques essentielles des disjoncteurs industriels :

- leur classification : catégorie d'emploi, aptitude au sectionnement, ...
- les caractéristiques électriques de réglage,
- les informations utiles à l'emploi,
- les dispositions constructives,
- la coordination des protections (dans l'annexe A).

La norme établit aussi des séries de tests de conformité que doivent subir les disjoncteurs. Ces tests sont très complets et très proches des conditions réelles d'exploitation. La conformité de ces tests à la norme IEC 60947-2 est vérifiée par des laboratoires accrédités.

Tableau des principales caractéristiques (annexe K CEI 60947-2)

Caractéristiques de tension	<b>Ue</b> <b>Ui</b> <b>Uimp</b>	Tension assignée d'emploi tension assignée d'isolement tension assignée de tenue aux chocs
Caractéristiques de courant	<b>In</b> <b>Ith</b> <b>Ithe</b> <b>Iu</b>	Courant assigné d'emploi courant thermique conventionnel à l'air libre courant thermique conventionnel sous enveloppe courant assigné ininterrompu
Caractéristiques de court-circuit	<b>Icm</b> <b>Icu</b> <b>Ics</b> <b>Icw</b>	Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit pouvoir assigné de coupure en service courant assigné de courte durée admissible
Caractéristiques de déclencheur	<b>Ir</b> <b>1,05 x Ir</b> <b>1,30 x Ir</b> <b>Ii</b> <b>Isd</b>	Courant de réglage de surcharge ajustable courant conventionnel de non-déclenchement courant conventionnel de déclenchement courant de réglage de déclenchement instantané courant de réglage de déclenchement court retard

#### Catégorie de disjoncteurs

La norme CEI 60947-2 définit deux catégories de disjoncteurs :

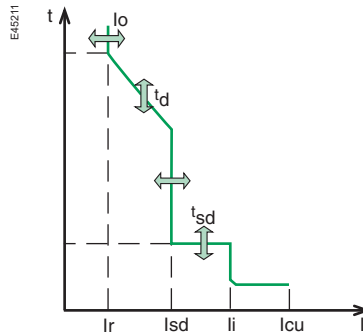
- disjoncteurs de **catégorie A**, pour lesquels aucun retard au déclenchement n'est prévu. C'est généralement le cas des disjoncteurs boîtier moulé. Ces disjoncteurs sont capables de réaliser une sélectivité ampèremétrique.
- disjoncteurs de **catégorie B**, pour lesquels, en vue de réaliser une sélectivité chronométrique, on peut retarder le déclenchement (jusqu'à 1 s) pour tout court-circuit de valeur inférieure au courant Icw.

C'est généralement le cas des disjoncteurs de puissance ou boîtier moulé de gros calibre. Pour les disjoncteurs installés dans les TGBT, il est important d'avoir un Icw égal à Icu afin d'assurer naturellement la sélectivité jusqu'au plein pouvoir de coupure ultime Icu.



## 1.4.2. Rappels sur les caractéristiques électriques normatives

Les caractéristiques de réglage sont données par des courbes de déclenchement. Ces courbes comportent plusieurs zones délimitées par les courants suivants (définis dans l'annexe K de la norme CEI 60947-2).



### ■ Courant assigné d'emploi ( $I_n$ )

$I_n$  (en A eff.) = courant ininterrompu maximal supporté à température ambiante donnée sans échauffement anormal.  
Ex. : 125 A à 40 °C.

### ■ Courant de réglage de surcharge ajustable ( $I_r$ )

$I_r$  (en A eff.) est fonction de  $I_n$ .  $I_r$  caractérise la protection contre les surcharges. Pour le fonctionnement en surcharge, les courants conventionnels de non-déclenchement  $I_{nd}$  et de déclenchement  $I_d$  sont :

- $I_{nd} = 1,05 I_r$ ,
- $I_d = 1,30 I_r$ .

$I_d$  est donné pour un temps conventionnel de déclenchement.

Pour un courant supérieur à  $I_d$ , le déclenchement par effet thermique se fera suivant une courbe à temps inverse.  $I_r$  est appelé protection long retard (LR).

### ■ Courant de réglage de déclenchement court retard ( $I_{sd}$ )

$I_{sd}$  (en kA eff.) est fonction de  $I_r$ .  $I_{sd}$  caractérise la protection contre les courts-circuits. L'ouverture du disjoncteur se fait suivant la courbe de déclenchement court retard :

- soit avec une temporisation  $t_{sd}$ ,
- soit à  $I^2t$  constant,
- soit instantanément (analogue à la protection instantané).

$I_{sd}$  est appelé Protection Court Retard ou Im.

### ■ Courant de réglage de déclenchement instantané ( $I_i$ )

$I_i$  (en kA) est donnée en fonction de  $I_n$ .  $I_i$  caractérise la protection instantané contre les courts-circuits pour toutes les catégories de disjoncteurs. Pour les surintensités importantes (les courts-circuits) supérieures au seuil  $I_i$ , le disjoncteur doit couper instantanément le courant de défaut.

Cette protection peut être inhibée selon la technologie et le type de disjoncteur (en particulier disjoncteur de catégorie B).

# Les exigences de la distribution électrique

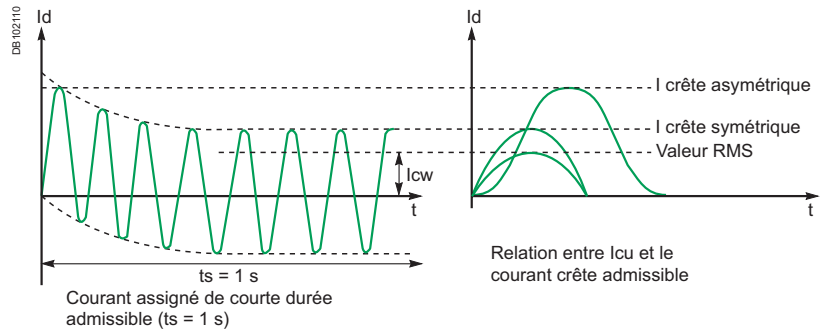


Tableau pour calcul du court-circuit asymétrique (CEI 60947.2 § 4.3.5.3.)

Icc : court-circuit présumé symétrique kA (valeur efficace)	Coefficient d'asymétrie k
$4,5 \leq I \leq 6$	1,5
$6 < I \leq 10$	1,7
$10 < I \leq 20$	2,0
$20 < I \leq 50$	2,1
$50 < I$	2,2

## ■ Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (Icm) <sup>(1)</sup>

Icm (kA crête) est la valeur maximale du courant de court-circuit asymétrique que le disjoncteur peut établir. Pour un disjoncteur, la contrainte à gérer est maximale lors de sa fermeture sur un court-circuit.

## ■ Pouvoir assigné de coupure ultime (Icu) <sup>(1)</sup>

Icu (kA eff.) est la valeur maximale du courant de court-circuit que le disjoncteur peut couper. Il est vérifié suivant une séquence d'essais normalisés. Après cette séquence, le disjoncteur ne doit pas être dangereux. Cette caractéristique est définie pour une tension d'emploi Ue déterminée.

## ■ Pouvoir assigné de coupure en service (Ics) <sup>(1)</sup>

Ics (kA eff.) est donné par le constructeur. Il est exprimé en % de Icu. Cette performance est très importante. Elle traduit l'aptitude d'un disjoncteur à assurer un service tout à fait normal, après avoir coupé trois fois ce courant de court-circuit. Plus la valeur de Ics est grande, plus le disjoncteur est performant.

## ■ Courant assigné de courte durée admissible (Icw) <sup>(1)</sup>

Défini pour les disjoncteurs de catégorie B.

Icw (kA eff.) est le courant de court-circuit maximal que peut supporter le disjoncteur pendant une courte durée (de 0,05 à 1 s) sans altération de ses caractéristiques. Cette performance est vérifiée lors de la séquence d'essais normalisés.

<sup>(1)</sup> Ces caractéristiques sont définies pour une tension d'emploi Ue déterminée.

### 1.4.3. Coordination entre disjoncteurs

Le terme de coordination concerne le comportement de deux appareils placés en série dans une distribution électrique en présence d'un court-circuit.

#### La filiation, cascading ou protection d'accompagnement

Elle consiste à installer un disjoncteur amont D1 pour aider un disjoncteur aval D2 à couper des courants de court-circuit supérieurs à son pouvoir de coupure ultime  $I_{cuD2}$ . Cette valeur est repérée  $I_{cuD2+D1}$ .

La CEI 60947-2 reconnaît la filiation entre deux disjoncteurs. Pour les points critiques, là où les courbes de déclenchement se recouvrent, la filiation doit être vérifiée par des essais.

#### La sélectivité

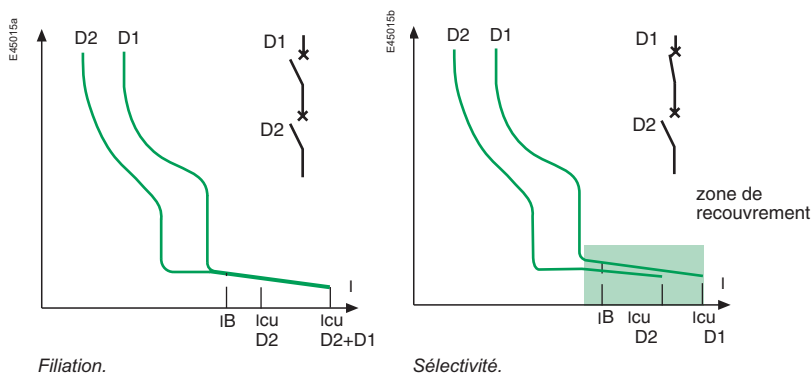
Elle consiste à assurer la coordination entre les caractéristiques de fonctionnement de disjoncteurs placés en séries de telle manière qu'en cas de défaut en aval, seul le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut déclenche.

La CEI 60947-2 définit une valeur de courant  $I_s$  appelée limite de sélectivité telle que :

- si le courant de défaut est inférieur à cette valeur  $I_s$ , seul le disjoncteur D2 aval déclenche,
- si le courant de défaut est supérieur à cette valeur  $I_s$ , les disjoncteurs D1 et D2 déclenchent.

Comme pour la filiation, la sélectivité doit être vérifiée par des essais pour des points critiques.

La sélectivité et la filiation ne peuvent être garanties que par le constructeur qui consignera ses essais dans des tableaux.

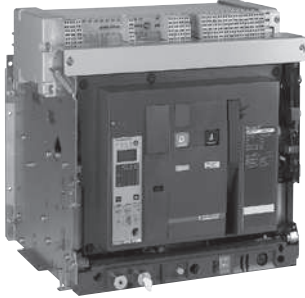




#### Glossaire

- $I_{cc}(D1)$  : Courant de Court-Circuit **au point où D1** est installé,
- $I_{cuD1}$  : Pouvoir de coupure ultime **de D1**.

# Les exigences de la distribution électrique

## 1.5. Tableau de synthèse

	TGBT Niveau A	Tableau divisionnaire Niveau B	Tableau de distribution finale Niveau C
<b>Caractéristiques tableau</b>			
<i>I<sub>nominal</sub></i>	1000 à 6300 A	100 à 1000 A	1 à 100 A
<i>I<sub>cc</sub></i>	50 kA à 150 kA	20 kA à 100 kA	3 kA à 10 kA
<i>Tenue thermique I<sub>cw</sub> / TED</i>	***	*	*
<i>Continuité de service</i>	***	***	**
<i>Type de disjoncteurs</i>	disjoncteur de puissance ou disjoncteur boîtier moulé forte intensité	disjoncteur boîtier moulé	disjoncteur miniature
	DB116878 	DB117210 	DB11887 
<b>Norme IEC 60947-2</b>	■	■	■ (1)
<b>Déclencheur</b>			
<i>magnétothermique</i>		□ (2)	
<i>électronique</i>	■	■	■
<b>Caractéristiques produits</b>			
<i>In typique</i>	800 à 6300 A	100 à 630 A	1 à 125 A
<i>I<sub>cn</sub></i>	50 kA à 150 kA	25 kA à 150 kA	3 kA à 25 kA
<b>Catégorie d'emploi</b>	B	A	A
<b>Capacité de limitation</b>	* (3)	***	***

■ recommandé ou obligatoire

□ possible

\*\*\* important

\*\* normal

\* peu important

(1) Pour un usage domestique conforme à la norme CEI 60898.

(2) Possible jusqu'à 250 A.

(3) Le dimensionnement du tableau au niveau A fait que cette caractéristique n'a pas grande importance pour des utilisations standard.

La limitation est une technique qui permet au disjoncteur de réduire fortement les courants de court-circuit.

**Les avantages de la limitation sont multiples :**

- atténuation des effets néfastes des courts-circuits :
  - électromagnétiques,
  - thermiques,
  - mécaniques,
- base de la technique de filiation.

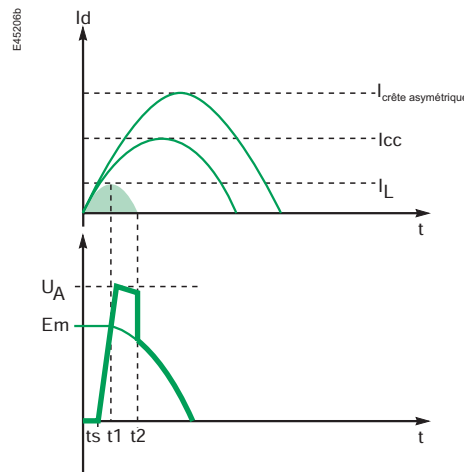
## Les techniques de mise en œuvre

### 2.1. La limitation

#### 2.1.1. Principes

Le courant de défaut présumé  $I_{cc}$  est le courant de court-circuit  $I_{cc}$  qui circulerait en l'absence de limitation à l'endroit de l'installation où le disjoncteur est placé.

Du fait de l'élimination en moins d'une demi-période du courant de défaut, seule la première  $I_{crête\ asymétrique}$  est à considérer. Cette dernière est fonction du  $\cos \varphi$  de défaut de l'installation.



La diminution du courant  $I_{crête}$  en  $I_L$  limité, caractérise la limitation d'un disjoncteur.

La limitation consiste à créer une force contre-électromotrice s'opposant à la croissance du courant de court-circuit.

Les trois critères déterminants pour l'efficacité de cette limitation sont :

- le temps d'intervention, c'est à dire l'instant  $t_s$  où apparaît la force contre-électromotrice ( $f_{cem}$ ),
- la vitesse de croissance de cette  $f_{cem}$ ,
- la valeur de cette  $f_{cem}$ .

La force contre-électromotrice est la tension d'arc  $U_A$  due à la résistance de l'arc qui se forme entre les contacts dès leur séparation. Sa rapidité d'évolution est liée à la vitesse de séparation de contacts.

Comme le montre la figure ci-dessus, à partir de l'instant  $t_s$  où les contacts se séparent, la force contre-électromotrice  $U_A$  croît jusqu'au moment  $t_1$  où elle est égale à la tension de la source  $E_m$ . Le courant limité a alors atteint sa valeur maximale et va diminuer et s'éteindre au bout du temps  $t_2$ . Sa décroissance est provoquée par la force contre-électromotrice dont la valeur est supérieure à  $E_m$ .

# Les techniques de mise en œuvre

## 2.1.2. Pouvoir de limitation d'un disjoncteur

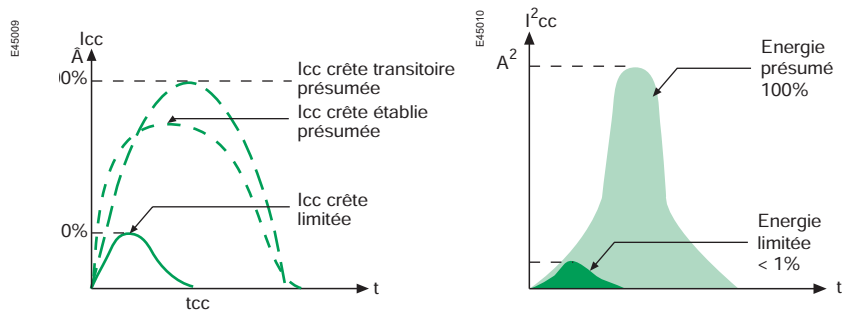
Le pouvoir de limitation d'un disjoncteur traduit sa capacité plus ou moins grande à laisser passer, sur un court-circuit, un courant inférieur au courant de défaut présumé.

La contrainte thermique du courant limité est l'aire (grisée) définie par la courbe du carré du courant limité  $I^2_{cc}(t)$ .

En l'absence de limitation, cette contrainte serait l'aire, beaucoup plus importante, que définirait la courbe du carré du courant présumé.

Pour un courant de court-circuit présumé  $I_{cc}$ , une limitation de ce courant à 10 % se traduit par moins de 1 % de contrainte thermique présumée.

L'élévation de température du câble est directement proportionnelle à la contrainte thermique <sup>(1)</sup>.



Limitation en courant et de la contrainte thermique.

## 2.1.3. Avantages

### Application à la distribution électrique

La limitation atténue fortement les effets néfastes des courts-circuits sur l'installation.

Effets néfastes des courts-circuits	Effets de la limitation
■ électromagnétiques	Réduction du champ magnétique donc : □ moins de risques de perturbations des appareils de mesures voisins.
■ mécaniques	Intensité crête limitée donc : □ forces électromagnétiques réduites, □ moins de risques de déformation ou de rupture au niveau des contacts électriques.
■ thermiques	Contrainte thermique limitée (diminution de l'amplitude et de la durée de passage du courant) donc : □ échauffement plus faible des conducteurs, □ augmentation de la durée de vie des canalisations.

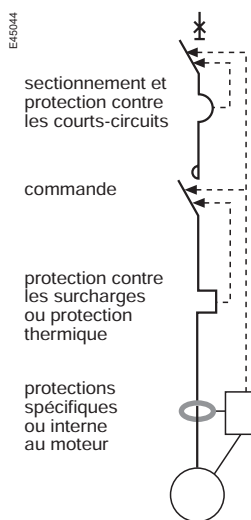
Ainsi, la limitation contribue à la **longévité** des installations électriques.

<sup>(1)</sup> Lors d'un court-circuit, il y a échauffement adiabatique des conducteurs (sans échange de chaleur avec l'extérieur du fait de la rapidité de l'apport d'énergie). L'augmentation de température pour un conducteur de section  $S$  est :

$$\Delta\theta = \frac{K}{S^2} \int_0^T I^2 dt \text{ où } \int_0^T I^2 dt \text{ est appelée la contrainte thermique (A}^2\text{s).}$$



## Applications aux moteurs Fonctionnalités



Départ moteur.

Les fonctions à assurer sur d'un départ moteur sont :

- le sectionnement,
- la commande,
- la protection contre les surcharges (spécifiques),
- la protection contre les courts-circuits,
- des protections complémentaires.

Un départ moteur peut être constitué de 1, 2, 3 ou 4 appareillages différents.

Dans le cas d'une association de plusieurs appareils - cas le plus fréquent - il est nécessaire de coordonner les différentes fonctions réalisées par les appareillages.

Coordination des composants du départ moteur.  
Grâce à la limitation, les effets néfastes des courts-circuits sur le départ moteur sont fortement atténués. Une bonne limitation des disjoncteurs, permet d'avoir facilement accès à une coordination de type 2 selon CEI 60947-4-1, sans surdimensionnement des composants. Ce type de coordination garantit à l'exploitant une utilisation optimale de son départ moteur.

Type 1 CEI 60947-4-1	Type 2 CEI 60947-4-1
Aucun risque pour l'opérateur. Les éléments autres que les contacteurs et le relais ne doivent pas être endommagés. L'isolement doit être conservé après incident.	Aucun dommage ni dérèglement n'est admis. L'isolement doit être conservé après incident, le départ moteur doit être en mesure de fonctionner après le court-circuit. Le risque de soudure des contacts du contacteur est admis si ceux-ci peuvent être facilement séparés. Avant de remettre en service, une inspection rapide est suffisante. Maintenance réduite et remise en service rapide.
Avant de redémarrer, la remise en état du départ moteur est nécessaire.	

# Les techniques de mise en œuvre

## 2.1.4. Courbes de limitation

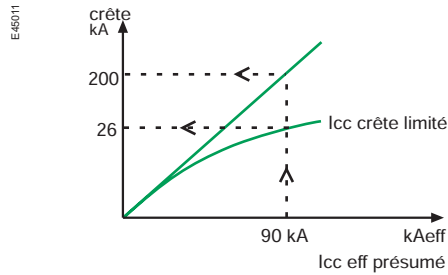
Le pouvoir de limitation d'un disjoncteur est exprimé par des courbes de limitation qui donnent :

■ **l'intensité crête limitée** en fonction de l'intensité efficace du courant de court-circuit présumé.

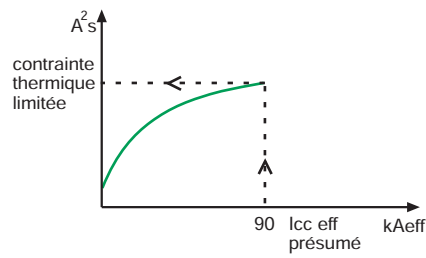
Exemple : sur un départ de 160 A où l'I<sub>cc</sub> présumé est de 90 kA efficace, l'I<sub>cc</sub> crête non limité est de 200 kA (facteur d'asymétrie de 2,2) et l'I<sub>cc</sub> limité est de 26 kA crête.

■ **la contrainte thermique limitée** (en A<sup>2</sup>s), en fonction de l'intensité efficace du courant de court-circuit présumé.

Exemple : sur le départ précédent, la contrainte thermique passe de plus de 100 10<sup>6</sup> A<sup>2</sup>s à 6 10<sup>6</sup> A<sup>2</sup>s.



Courbe de limitation en courant.



Courbe de limitation en contrainte thermique.

La filiation permet de :

- réaliser des économies,
  - simplifier le choix des protections,
- par la mise en œuvre de disjoncteurs aux performances standards.

## 2.2. La filiation ou cascading

La filiation procure un pouvoir de coupure "renforcé" aux disjoncteurs placés en aval d'un disjoncteur limiteur. Celui-ci, en limitant les forts courants de court-circuit aide le disjoncteur placé en aval. La filiation permet d'utiliser un disjoncteur de pouvoir de coupure inférieur au courant de court-circuit calculé à son point d'installation.

### 2.2.1. Domaine d'utilisation

#### 2.2.1.1. La filiation

- concerne tous les appareils installés en aval de ce disjoncteur,
- peut s'étendre à plusieurs appareils consécutifs, même s'ils sont utilisés dans des tableaux différents.

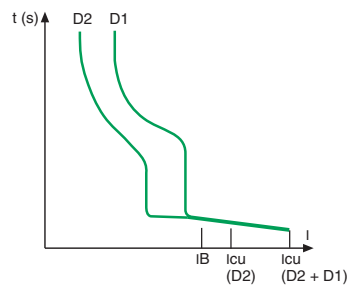
Les normes d'installation (CEI 60364 ou locales) imposent que l'appareil amont ait un pouvoir de coupure ultime  $I_{cu}$  supérieur ou égal au courant de court-circuit présumé au point d'installation.

Pour les disjoncteurs situés en aval, le pouvoir de coupure ultime  $I_{cu}$  à considérer est le pouvoir de coupure ultime renforcé par la coordination.

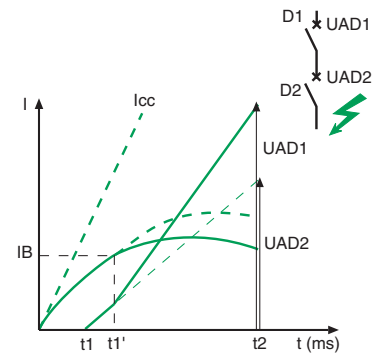
#### 2.2.1.2. Principes

Dès que les deux disjoncteurs déclenchent (à partir du point  $I_B$ ), une tension d'arc  $U_{AD1}$  à la séparation des contacts de  $D1$  s'ajoute à la tension  $U_{AD2}$  et aide par limitation complémentaire le disjoncteur  $D2$  à s'ouvrir.

E45016c



E45217

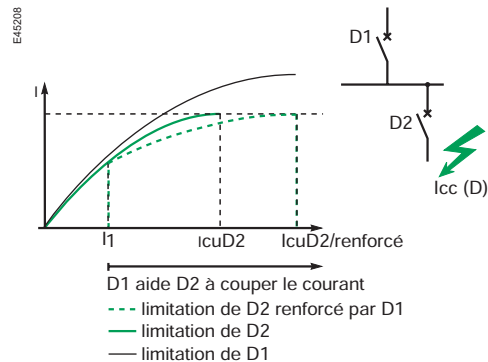


# Les techniques de mise en œuvre

L'association D1 + D2 permet d'augmenter les performances de D2 comme le montre la figure 2 :

- courbe de limitation D2,
- courbe de limitation renforcée de D2 par D1,
- Icu D2 renforcé par D1.

En fait, en accord avec les recommandations de la norme CEI 60947-2, les constructeurs donnent directement et garantissent l'Icu renforcée par l'association D1 + D2.



## 2.2.1.3. Avantages

La filiation permet de bénéficier de tous les avantages de la limitation. Ainsi, sont réduits les effets résultant des courants de court-circuit, soit :

- les effets électromagnétiques,
- les effets électrodynamiques,
- les effets thermiques.

L'installation d'un seul disjoncteur limiteur amène des simplifications et des économies importantes pour toute l'installation aval :

- simplification du choix des appareils par les tableaux de filiation,
- économie sur les appareils aval. La limitation permet d'utiliser des disjoncteurs aux performances standards.

La sélectivité des protections est un point clef pour la continuité de service.

La sélectivité est :

- soit partielle,
  - soit totale,
- selon les caractéristiques de l'association des protections.

Les techniques de sélectivité mises en œuvre sont :

- ampèremétrique,
- chronométrique,
- logique.

La sélectivité peut être optimisée par l'utilisation de disjoncteurs aval limiteurs.

## 2.3. La sélectivité

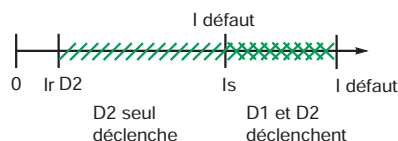
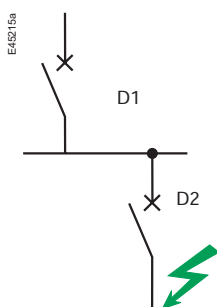
### 2.3.1. Généralités

#### 2.3.1.1. Principe

Rappel (cf. § 1.4 "la norme CEI 60947-2").

La sélectivité consiste à assurer la coordination entre les caractéristiques de fonctionnement de disjoncteurs placés en série de telle manière qu'en cas de défaut en aval seul le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut déclenche. Il est défini un courant  $I_s$  de sélectivité tel que :

- $I_{\text{défaut}} > I_s$  : les deux disjoncteurs déclenchent,
- $I_{\text{défaut}} < I_s$  : seul D2 élimine le défaut.



#### Qualité de la sélectivité

La valeur  $I_s$  est à comparer à  $I_{cc}(D2)$  présumé au point D2 de l'installation.

- **sélectivité totale** :  $I_s > I_{cc}(D2)$  ; la sélectivité est qualifiée de totale c'est-à-dire que, quelle que soit la valeur de courant de défaut, D2 seul l'élimine.
- **sélectivité partielle** :  $I_s < I_{cc}(D2)$  ; la sélectivité est qualifiée de partielle, c'est-à-dire que, jusqu'à  $I_s$ , seul D2 élimine le défaut. Au-delà de  $I_s$ , D1 et D2 s'ouvrent.

#### Données constructeur

En fait, les constructeurs donnent la qualité de la sélectivité de façon intrinsèque, c'est-à-dire :

- sélectivité totale, si  $I_s$  est égale à  $I_{cuD1}$  (l'association ne pourra jamais voir de courant de défaut supérieur à cette valeur),
- sélectivité partielle, limitée à  $I_s$ . Cette valeur  $I_s$  peut néanmoins être supérieure à  $I_{cc}(D2)$ . Vue par l'utilisateur, la sélectivité est alors totale.

#### Glossaire

- $I_{cc}(D1)$  : Courant de Court-Circuit **au point où D1** est installé,
- $I_{cuD1}$  : Pouvoir de coupure ultime **de D1**.

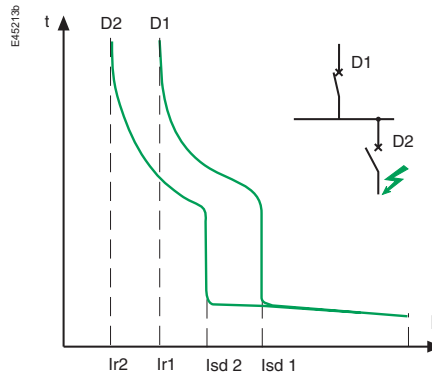
# Les techniques de mise en œuvre

## 2.3.2. Techniques de sélectivité

### Sélectivité ampèremétrique

Cette technique est directement liée à l'étagement des courbes de déclenchement Long Retard (LR) de deux disjoncteurs en série.

■ les transformateurs peuvent, pour des tensions supérieures à leur tension nominale, absorber des courants entachés d'harmoniques. Dans ce cas, c'est la saturation due à l'effet d'hystérésis qui en est la cause.



La limite de sélectivité  $I_s$  est :

- $I_s = I_{sd2}$  si les seuils  $I_{sd1}$  et  $I_{sd2}$  sont trop proches ou confondus,
- $I_s = I_{sd1}$  si les seuils  $I_{sd1}$  et  $I_{sd2}$  sont suffisamment étagés.

En général, la sélectivité ampèremétrique est obtenue quand :

- $I_{r1} / I_{r2} < 2$ ,
- $I_{sd1} / I_{sd2} > 2$ .

La limite de sélectivité est :

- $I_s = I_{sd1}$ .

### Qualité de la sélectivité

La sélectivité est totale si  $I_s > I_{cc}(D2)$ , soit  $I_{sd1} > I_{cc}(D2)$ .

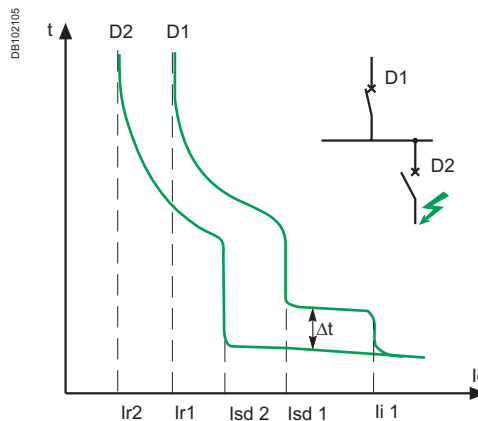
Cela implique généralement :

- un niveau  $I_{cc}(D2)$  peu élevé,
- un écart important entre les calibres des disjoncteurs D1 et D2.

**La sélectivité ampèremétrique est généralement utilisée en distribution terminale.**

### Sélectivité chronométrique

Elle est le prolongement de la sélectivité ampèremétrique. Elle est obtenue par l'étagement dans le temps des courbes de déclenchement. Cette technique consiste à temporiser de  $\Delta t$  le déclenchement court retard (CR) de D1.



Les seuils ( $I_{r1}$ ,  $I_{sd1}$ ) de D1 et ( $I_{r2}$ ,  $I_{sd2}$ ) respectent les règles d'étagement de la sélectivité ampèremétrique.

La limite de sélectivité  $I_s$  de l'association est au moins égale à  $I_{i1}$  seuil de l'instantané de D1.

#### Qualité de la sélectivité

Deux cas d'utilisation sont possibles :

##### ■ sur les départs terminaux et/ou intermédiaires

Des **disjoncteurs de catégorie A** peuvent être utilisés avec un déclenchement temporisé du disjoncteur amont. Cela permet de prolonger la sélectivité ampèremétrique jusqu'à l'instantané  $I_{i1}$  du disjoncteur amont :  $I_s = I_{i1}$ .

Si  $I_{cc}(D2)$  n'est pas trop élevé - cas d'un départ terminal -, la sélectivité totale peut être obtenue.

##### ■ 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** conçus pour un déclenchement temporisé. Ces disjoncteurs ont une tenue thermique élevée ( $I_{cw} = 50\% I_{cn}$  pour  $\Delta t = 1s$ ) :  $I_s = I_{cw}$ .

Même pour des  $I_{cc}(D2)$  importants, **la sélectivité chronométrique assure généralement une sélectivité totale :  $I_{cw1} > I_{cc}(D2)$ .**

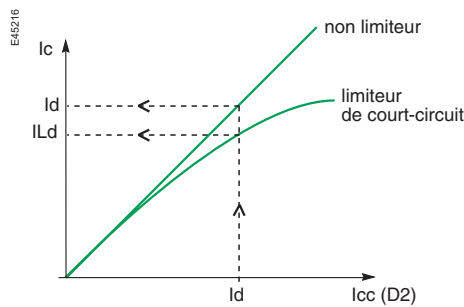
*Nota : L'utilisation de disjoncteurs de catégorie B impose à l'installation de tenir des contraintes électrodynamiques et thermiques importantes.*

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

#### Amélioration de la sélectivité ampèremétrique et chronométrique

##### ■ disjoncteurs aval limiteur.

L'utilisation d'un disjoncteur aval limiteur permet de repousser la limite de sélectivité.



En effet, en se référant à la figure, un courant de défaut  $I_d$  sera vu par D1 :

- égal à  $I_d$  en cas de disjoncteur non limiteur,
- égal à  $I_{Ld}$  en cas de disjoncteur limiteur.

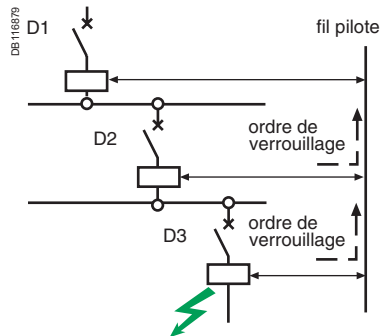
La limite de sélectivité ampèremétrique et chronométrique  $I_s$  de l'association D1 + D2 est donc repoussée à une valeur d'autant plus importante que le disjoncteur aval est rapide et limiteur.

#### Qualité de la sélectivité

L'utilisation d'un disjoncteur limiteur est très efficace pour atteindre une sélectivité totale lorsque les réglages des seuils (sélectivité ampèremétrique) et/ou le seuil de déclenchement instantané (sélectivité chronométrique) du disjoncteur amont D1 sont trop faibles par rapport au courant de défaut  $I_d$  en D2 -  $I_{cc}(D2)$ .

# Les techniques de mise en œuvre

## Sélectivité logique ou "Zone Selective Interlocking (ZSI)"



Sélectivité logique.

Ce type de sélectivité est réalisable avec des disjoncteurs équipés de déclencheurs électroniques conçus à cette fin (Compact, Masterpact) : seules les fonctions Protection Court Retard (CR) ou Protection Terre (GFP) des appareils pilotés sont gérées par la Sélectivité Logique. En particulier, la fonction Protection Instantanée - fonction de protection intrinsèque - n'est pas concernée.

### Réglages des disjoncteurs pilotés

- temporisation : il n'y a pas de règle mais il est nécessaire de respecter l'étagement (éventuel) des temporisations de la sélectivité chronométrique sont à appliquer ( $\Delta tD1 \geq \Delta tD2 \geq \Delta tD3$ ),
- seuils : il n'y a pas de règle de seuil à appliquer mais il est nécessaire de respecter l'étagement naturel des calibres des protections ( $IcrD1 \geq IcrD2 \geq IcrD3$ ).

*Nota* : Cette technique permet d'obtenir une sélectivité même avec des disjoncteurs de calibre 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 temporisation réglé 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. figure sélectivité logique). Lorsqu'un défaut apparaît, chaque disjoncteur en amont du défaut (détectant un défaut) envoie un ordre (sortie à niveau haut) et fait passer le disjoncteur 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

Recommandée et très utilisée aux USA, cette technique permet de :

- réaliser facilement en standard la sélectivité sur 3 niveaux ou plus,
- supprimer les contraintes importantes sur l'installation, liées au déclenchement temporisé de la protection, en cas de défaut directement sur les jeux de barres amont. **Toutes les protections sont donc quasiment instantanées,**
- réaliser facilement une sélectivité vers l'aval avec des disjoncteurs non pilotés.



## 2.4. Les règles de sélectivité

### 2.4.1. Règles générales de sélectivité

#### Protection contre les surcharges

Pour une valeur quelconque de la surintensité, la sélectivité est assurée en surcharge si le temps de non déclenchement du disjoncteur amont D1 est supérieur au temps maximal de coupure du disjoncteur D2.

La condition est réalisée si le rapport des réglages **Long Retard (LR) et Court Retard (CR)** est supérieur à 2.

La limite de sélectivité  $I_s$  est au moins égale au seuil de réglage du Court Retard (CR) amont.

#### Protection contre les courts-circuits

##### ■ sélectivité chronométrique

Le déclenchement de l'appareil amont D1 est temporisé de  $\Delta t$ .

- Les conditions requises pour la sélectivité ampèremétrique doivent être remplies.
- La temporisation  $\Delta t$  de l'appareil amont D1 doit être suffisante pour que l'appareil aval puisse éliminer le défaut.

La sélectivité chronométrique permet d'augmenter la limite de sélectivité  $I_s$  jusqu'au seuil de déclenchement instantané du disjoncteur amont D1.

La sélectivité est toujours totale si le disjoncteur D1 :

- est de catégorie B,
- a une caractéristique en  $I_{cw}$  égale à son  $I_{cu}$ .

La sélectivité est totale dans les autres cas si le seuil de déclenchement instantané du disjoncteur amont D1 est supérieur à l' $I_{cc}$  présumé en D2.

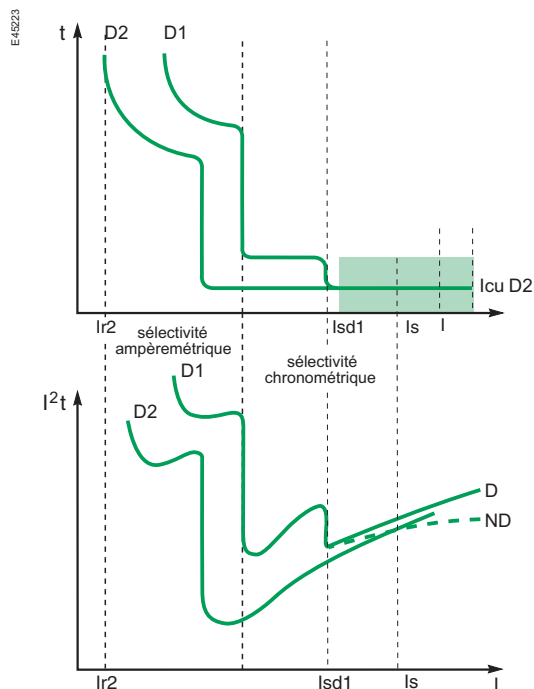
##### ■ sélectivité logique

La sélectivité est toujours totale.

##### ■ cas général

Il n'y a pas de règles générales de sélectivité.

- Les courbes temps / courant fournissent "clairement" une valeur de  $I_{cc}$  (limité ou présumé) inférieure au déclenchement Court Retard du disjoncteur amont ; la sélectivité est alors totale.



Si ce n'est pas le cas, seuls des essais peuvent indiquer les limites de sélectivité de la coordination en particulier lorsque les disjoncteurs sont de type limiteur. La détermination de la limite de sélectivité  $I_s$  est réalisée par la comparaison des courbes :

- en énergie de déclenchement pour le disjoncteur aval,
  - en énergie de non déclenchement pour le disjoncteur amont.
- Le point d'intersection éventuel des courbes donne la limite de sélectivité  $I_s$ .

Les constructeurs indiquent, dans des tableaux, les performances testées de la coordination.

# Les techniques de mise en œuvre

## 2.5. La sélectivité des protections différentielles

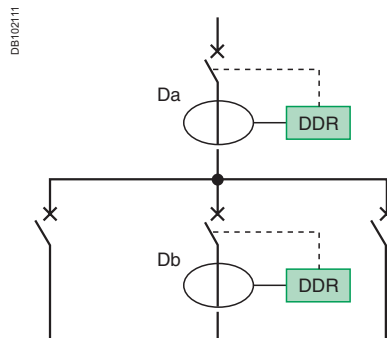
Suivant le schéma des liaisons à la terre (SLT), la sélectivité ne fait appel qu'à la coordination des protections contre les surintensités. Lorsque le défaut d'isolement est traité spécifiquement par des protections différentielles (par exemple, en schéma TT), il est nécessaire d'assurer également la sélectivité des dispositifs différentiels entre eux.

La sélectivité des protections différentielles doit permettre que, en cas de défaut d'isolement, seul le départ concerné par le défaut soit mis hors tension. L'objectif est d'optimiser la disponibilité de l'énergie.

Il existe deux types de sélectivité différentielle.

### 2.5.1. Sélectivité verticale

Compte tenu des impératifs et des normes de fonctionnement, la sélectivité doit répondre simultanément aux deux conditions ampèremétrique et chronométrique.



Sélectivité verticale.

#### Condition ampèremétrique

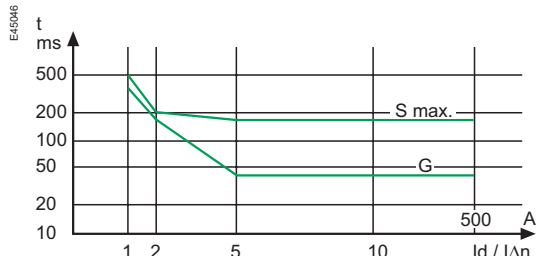
Le dispositif différentiel doit déclencher entre  $I\Delta n$  et  $I\Delta n/2$ ,  $I\Delta n$  étant le courant de fonctionnement déclaré. Il doit donc exister un rapport minimum de 2 entre les sensibilités du dispositif amont et aval. En pratique, les valeurs normalisées indiquent un rapport de 3.

#### Condition chronométrique

Le temps minimal de non déclenchement du dispositif amont doit être supérieur au temps maximum de déclenchement du dispositif aval pour toutes les valeurs de courant.

**Nota :** Le temps de déclenchement des dispositifs différentiels doit toujours être inférieur ou égal au temps prescrit dans les normes d'installation pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

Pour le domaine domestique (M9), les normes CEI 61008 (interrupteurs différentiels) et CEI 61009 (disjoncteurs différentiels) définissent des temps de fonctionnement. Les valeurs du tableau correspondent aux courbes G et S. La courbe G (Général) correspond aux différentiels non retardés et S (Sélectif) à ceux retardés volontairement.



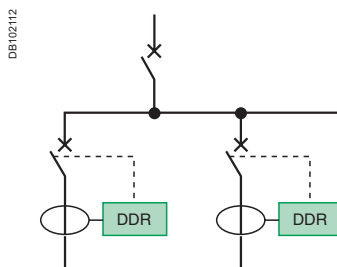
Courbes de temps de fonctionnement G et S.

#### Valeurs normalisées du temps de fonctionnement

Type	In A	IΔn A	Valeurs normalisées du temps de fonctionnement et de non fonctionnement (en seconde) à :				
			IΔn	2IΔn	5IΔn	500 A	
général	toutes	toutes	0,3	0,15	0,04	0,04	temps de fonctionnement maximal
sélectif	> 25	> 0,030	0,5	0,2	0,15	0,15	temps de fonctionnement maximal
			0,13	0,06	0,05	0,04	temps de non fonctionnement minimal

### 2.5.2. Sélectivité horizontale

Parfois appelée **sélection des circuits**, elle permet l'économie en tête d'installation d'un dispositif différentiel placé dans l'armoire si tous les départs de celle-ci sont protégés par des disjoncteurs différentiels. Seul le départ en défaut est mis hors tension, les dispositifs placés sur les autres départs ne voient pas le défaut.



Sélectivité horizontale.

La sélectivité et la filiation ne peuvent être garanties que par le constructeur qui consignera ses essais dans des tableaux.

# Les techniques de mise en œuvre

## 2.6. Coordination des protections et normes d'installation

La norme d'installation CEI 60364 régit les installations électriques des bâtiments. Les normes nationales, reprenant cette norme CEI, recommandent une bonne coordination entre les appareillages de protection. Elle reconnaissent les principes de la filiation et de la sélectivité des disjoncteurs en s'appuyant sur la norme produit CEI 60947-2.

### Normes produit CEI 60947-2

Dans l'annexe A, la norme CEI 60947-2 reconnaît et définit la coordination entre les disjoncteurs (cf. paragraphe 1.4 page 11). En particulier, elle définit les tests à effectuer.

#### ■ La sélectivité

Elle est normalement étudiée sur le plan théorique. Pour des points critiques où les courbes de déclenchement se recouvrent, elle doit être vérifiée par des essais. Elle est garantie par le constructeur, qui consignera la valeur de  $I_s$  (limite de sélectivité) dans des tableaux.

#### ■ La filiation ou coordination de la protection d'accompagnement

La norme indique les mesures à effectuer pour vérifier cette coordination.

##### □ Vérification par comparaison de caractéristiques

Dans les cas pratiques, ce type de vérification est suffisant. Il est nécessaire de bien démontrer que le  $I_{cuD2}$  de l'association est compatible avec l' $I_{2t}$  énergie maximum admissible par D2.

##### □ Vérification par des essais

La filiation est normalement vérifiée par des essais pour les points critiques. Les essais sont réalisés avec un disjoncteur amont D1 ayant un réglage de maximum de  $I$  maximum et un disjoncteur aval D2 ayant un réglage minimum. Les résultats des essais (les pouvoirs de coupure renforcés par la filiation) sont dans un tableau et garantis par le constructeur.

### Normes d'installation

Les normes nationales d'installation précisent la mise en place de ces principes selon le schéma des liaisons à la terre (SLT) considéré, en conformité avec la norme CEI 60364.

### Sélectivité

La sélectivité est **définie et établie quel que soit le SLT** utilisé et quel que soit le type de défaut (surcharge, court-circuit, défaut d'isolement). Cependant, en cas de défaut d'isolement en Schéma IT, l'avantage de continuité de service est donné par le Schéma lui-même, qui tolère le 1<sup>er</sup> défaut. Cet avantage doit être conservé par une recherche et une élimination rapide de ce défaut.

### Filiation

En revanche, **les règles de filiation sont données pour un schéma de type TN ou TT.**

### Règles de base en régime IT :

Les règles de filiation ne peuvent s'appliquer dans le cas de l'IT du fait du double défaut d'isolement. Les règles à mettre en œuvre sont les suivantes :

- le disjoncteur doit avoir un pouvoir de coupure supérieur ou égal à l'intensité de court-circuit triphasé au point considéré,
- en cas de double défaut présumé, il est établi que l'intensité de court-circuit de double défaut sera au maximum :
  - 15 % de l' $I_{cc}$  triphasé pour un  $I_{cc}$  triphasé 10 000 A,
  - 25 % de l' $I_{cc}$  triphasé pour un  $I_{cc}$  triphasé > 10 000 A.

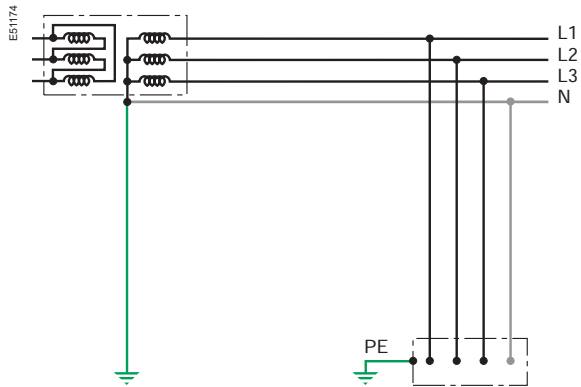


Schéma TT.

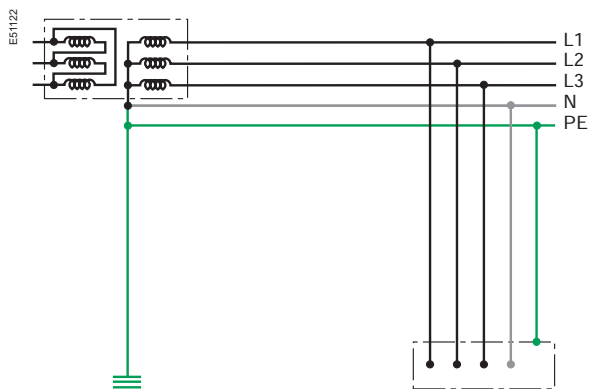


Schéma TN.

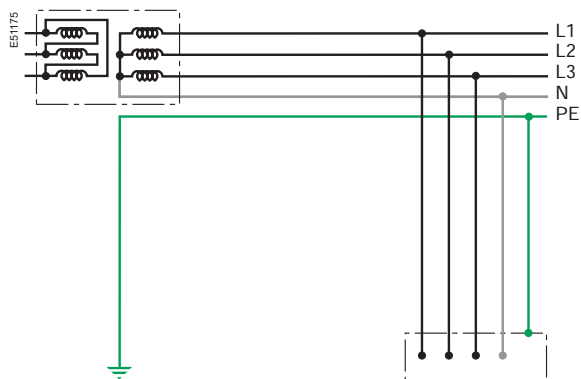


Schéma IT.

**Nota:** La norme CEI 60364 définit 3 types de schémas de liaisons à la terre (SLT)  
Succinctement :

TT : Le point neutre du transformateur BT est mis à la terre.

Les masses des équipements sont mises à une terre séparée.

■ TN : Le point neutre du transformateur BT et les masses des équipements sont mises à la même terre.

■ IT : Le point neutre du transformateur BT est isolé de la terre.

Les masses des équipements sont mises à la terre.

Les SLT (et les techniques de coupure automatique associées) ont été définis pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

# Le choix de Schneider Electric

---

Les gammes de disjoncteurs Merlin Gerin et Telemecanique couvrent l'ensemble des besoins de la distribution électrique BT, de 0,5 à 6300 A, soit :

- les gammes de disjoncteurs de puissance Masterpact NT et NW de Merlin Gerin de 630 à 6300 A,
- la gamme de disjoncteurs boîtier moulé (DBM) Compact :
  - compact NS de 630 à 3200 A
  - compact NSX de 100 à 630 A
- les gammes de disjoncteurs miniatures Multi 9 NG125, C60, DPN de 0,5 à 125 A,
- les gammes de disjoncteurs protection moteur Integral/GV2/GV7 de Telemecanique.

Ces produits répondent aux normes produit CEI 60947-2.

Les gammes de disjoncteurs Merlin Gerin et Telemecanique de distribution et de protection moteur ont été développées en cohérence. Leurs coordinations ont été testées selon la norme CEI 60947-2 et sont garanties par Schneider Electric. Les tableaux exhaustifs de ces coordinations, filiations et sélectivités sont mis à disposition.

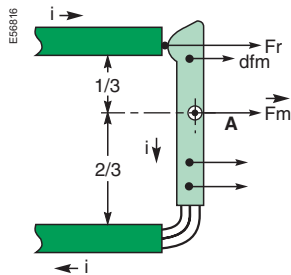
## 3.1. Pour les disjoncteurs de puissance

Les technologies des gammes Masterpact de Schneider Electric permettent de répondre parfaitement aux besoins de sélectivité en tête d'installation et aussi à des besoins spécifiques de limitation liés à certaines applications.

### 3.1.1. Technologie des pôles

#### 3.1.1.1. La technologie du pôle sélectif

Une forte sélectivité impose de renforcer la tenue électrodynamique de l'appareillage. En utilisant l'effet de compensation à propre courant.



La pression de contact est proportionnelle à  $I^2$  dans la boucle.

Compensation électromagnétique.

Cette technologie est utilisée dans tous les Masterpact NT et NW sauf pour la performance L1 du Masterpact NT qui utilise une technologie de pôle limiteur.

La performance en pouvoir de coupure de 150 kA/415 V dans le petit volume du Masterpact NT impose un pôle différent.

#### La technologie du pôle limiteur

Une forte capacité de limitation est rendue possible par :

- un pôle fixe avec boucle de courant et U magnétique,
- un axe du pôle mobile positionné à l'extrémité de celui-ci.

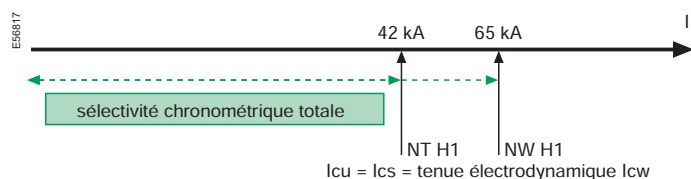
### 3.1.2. Les innovations techniques des nouveaux Masterpact pour de meilleures performances

#### 3.1.2.1. Masterpact NT et NW N1 et H1

Ces performances conviennent parfaitement dans les sites industriels ou grand tertiaire les plus courants ( $I_{cc} < 65$  kA). Elles assurent une sélectivité totale avec les disjoncteurs Compact NS situés en aval.

Pour ces performances, le pouvoir de coupure est égal à la tenue thermique  $I_{cs} = I_{cw}$ .

Ceci permet à l'appareillage de supporter le courant de court-circuit maximal pendant toute la durée de la temporisation court retard.

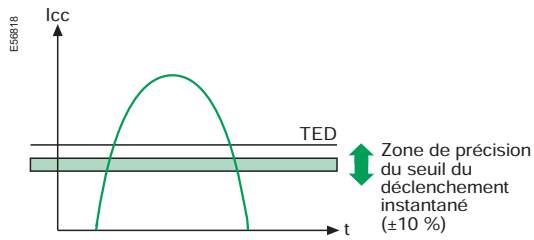


#### 3.1.2.2. Masterpact NW H2

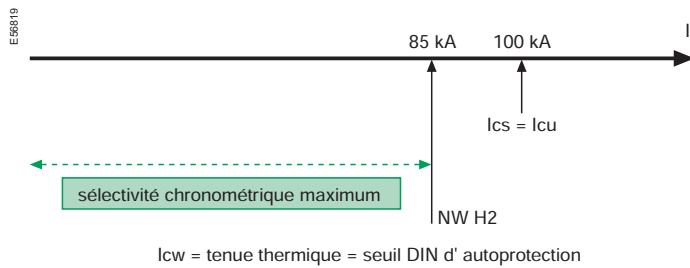
Lorsque le niveau de court-circuit au point d'installation de l'appareil est supérieur à sa tenue thermique, son pouvoir de coupure devra être supérieur à sa tenue thermique  $I_{cs} > I_{cw}$ .

Une protection interne devient nécessaire pour éviter d'endommager l'appareillage. Il s'agit d'un déclenchement instantané calibré en usine à un seuil juste en dessous de la tenue électrodynamique (TED).

# Le choix de Schneider Electric



Zone de précision du seuil du déclenchement instantané ( $\pm 10\%$ )



Sélectivité chronométrique limitée.

L'utilisation généralisée de transformateur de courant air permet grâce à une mesure plus précise (pas de saturation) de se rapprocher du seuil de la tenue thermique. Cela améliore donc sensiblement le niveau de sélectivité en repoussant le déclenchement instantané.

Cette performance assure pour les grands sites industriels ( $I_{cc} < 100\text{ kA}$ ) une sélectivité totale avec les Compact NS situés en aval.



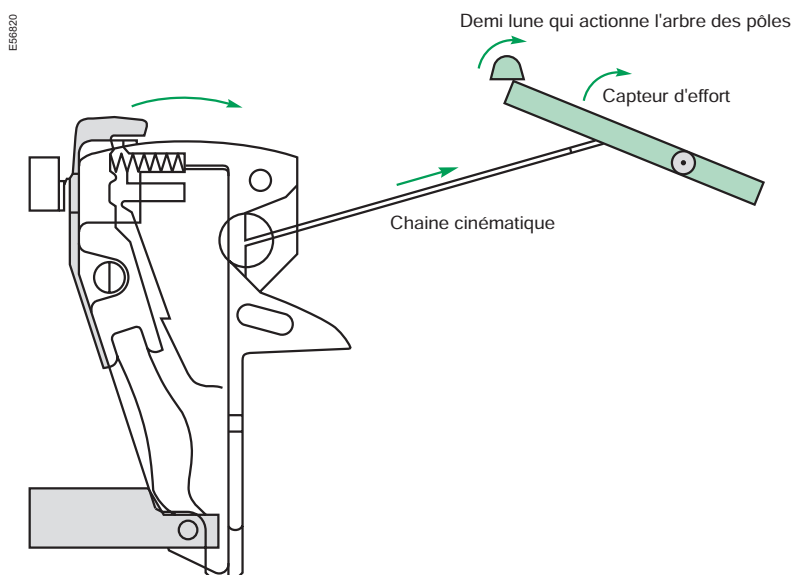
### 3.1.2.3. Masterpact NW H3

Comme pour le Masterpact H2, le niveau de performance  $I_{cs} > I_{cw}$  nécessite aussi le calibrage d'un déclenchement instantané.

Pour couper un courant présumé de défaut de 150 kA, il faut intervenir très tôt. Il est impossible d'attendre le passage de la première onde de courant de défaut car la tenue thermique de l'appareil est bien inférieure.

La technologie de la chaîne de mesure électronique associée à l'action mécanique de la bobine de déclenchement ne permet pas de réagir suffisamment vite. La technologie employée dans les disjoncteurs Masterpact NW fait l'objet d'un brevet.

Lors de l'apparition d'un courant de court-circuit élevé, il crée une force électromagnétique qui pousse le pôle en l'écartant. Le mouvement du pôle actionne un cliquet par l'intermédiaire d'une chaîne cinématique. Le mouvement de ce cliquet libère directement l'arbre des pôles avant intervention de la chaîne de mesure électronique.



Ce déclenchement par système mécanique se fait en parallèle de la chaîne de mesure électronique qui va confirmer l'ouverture du disjoncteur et indiquer le défaut en face avant.

Ce système permet :

- de garder une forte tenue thermique :  $I_{cw} = 65 \text{ kA } 1\text{s}$ ,
- au-delà de l' $I_{cw}$ , d'avoir un déclenchement ultra rapide garantissant un  $I_{cu}$  jusqu'à 150 kA.

Cette performance convient parfaitement dans des cas d'installations multisources avec un fort courant de court-circuit ( $> 100 \text{ kA}$ ) sur le jeu de barre principal et un besoin impératif de continuité de service. La sélectivité avec les Compact NS en aval est totale en standard.

### 3.1.2.4. Masterpact NW et NT L1

Le Masterpact NW L1 associe toutes les performances :

- un pouvoir de coupure jusqu'à 200 kA/400 V pour la gamme UL,
- une tenue thermique de 37 kA/400 V,
- une capacité de limitation importante (NW L1  $I_{cc}$  présumé = 390 kA à 380/415 V,  $I_{cc}$  limité = 170 kA).

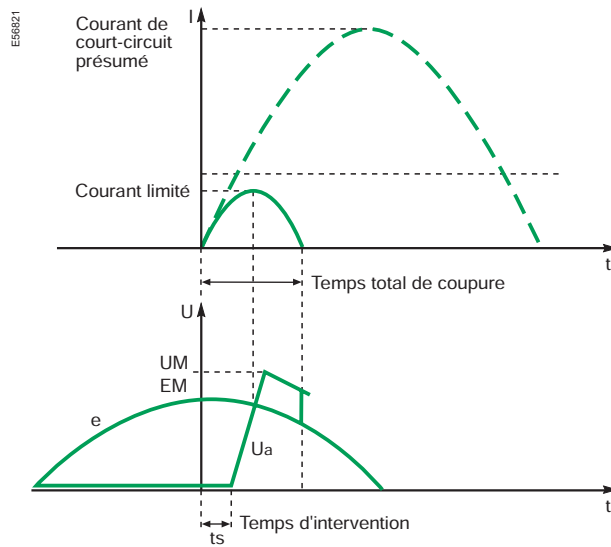
Il utilise donc les technologies que nous avons vu précédemment :

- pôle sélectif comme les autres appareillages pour atteindre une tenue thermique de 30 kA/400 V,
- système de débrayage pour ouvrir très vite sur court-circuit très important.

# Le choix de Schneider Electric

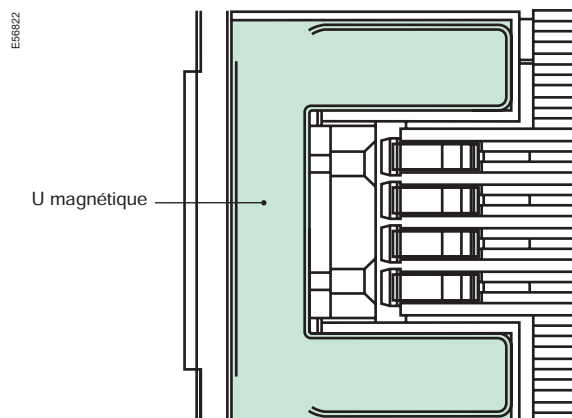
Pour obtenir une capacité de limitation importante, le pôle fixe a été modifié. Cette modification fait l'objet d'un brevet.

La capacité de limitation dépend de la tension d'arc créée entre le pôle fixe et le pôle mobile lors de l'ouverture. Celle-ci doit s'établir tôt, augmenter vite à une valeur élevée.

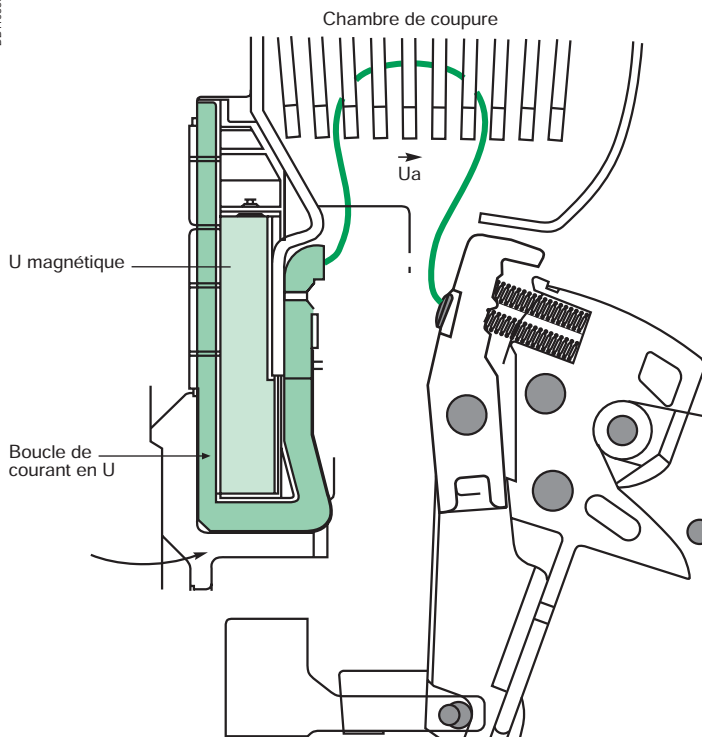


Pour cela, il faut augmenter l'effort de répulsion et favoriser la projection de l'arc dans la chambre de coupure.

- Utilisation d'une boucle de courant en U pour augmenter l'effort de répulsion.
- Utilisation d'un U magnétique autour du pôle fixe pour concentrer les lignes de champs et projeter l'arc dans la chambre tôt, vite et haut.



DB116880



Lors d'un fort court-circuit, les pôles s'ouvrent très légèrement, le U magnétique projette alors l'arc dans les chambres de coupure. Le courant de défaut est infléchi. Le système de débrayage ouvre alors le disjoncteur très rapidement.

Cette performance satisfait des besoins de limitation des courants de défaut tout en garantissant un niveau de sélectivité de 37 kA inégalé pour ce type de disjoncteur.

**Le Masterpact NT L1** utilise un pôle limiteur qui garantit une ouverture rapide sur de fort courant de court-circuit.

Sa capacité de limitation est très importante pour ce type de disjoncteur.

**NT L1**  $I_{cc}$  présumé = 390 kA et  $I_{cc}$  limité = 75 kA.

Pour améliorer les performances de coupure et obtenir une forte limitation du courant de court-circuit sur des appareils à priori peu limiteur, on utilise un déclencheur basé non pas sur la valeur instantanée du courant mais sur une dérivée dont la particularité est de ne pas déclencher lors de la première demi-onde de courant de défaut. Lors de l'apparition d'un courant de court-circuit, le disjoncteur aval s'ouvre dès que le courant de défaut est supérieur à son seuil de déclenchement et élimine le défaut en moins d'une demi-onde. Le Masterpact NT L1 en amont ne déclenche pas mais ses contacts répulsent ; ce qui limite les contraintes sur le circuit.

## 3.2. Pour les disjoncteurs boîtier moulé DBM

Les gammes de disjoncteurs boîtier moulé (DBM) Merlin Gerin et Telemecanique ont été conçues pour assurer la disponibilité en énergie maximale vers les utilisateurs.

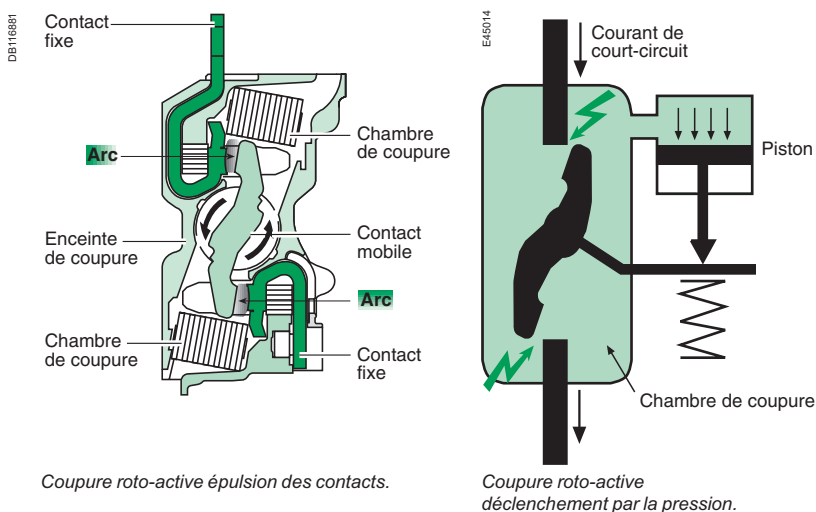
Les DBM :

- répondent de manière optimale aux problèmes de sélectivité,
- sont très limiteurs, même sur les courts-circuits de forte valeur, pour réduire de façon drastique les contraintes sur la distribution intermédiaire.

La gamme Compact NSX de calibre 100 à 630 A est principalement utilisée :

- pour la protection de la distribution intermédiaire,
- pour protéger des lignes alimentant des gros récepteurs.

Cette gamme met en œuvre une technique innovante : **la coupure roto-active**.



Coupure roto-active épulsion des contacts.

Coupure roto-active déclenchement par la pression.

Cette technique de limitation des forts courants utilise une nouvelle énergie de déclenchement, la **pression**, conséquence de l'**énergie d'arc**.

Son fonctionnement est décrit ci-après.

- Chaque pôle du disjoncteur comporte une enceinte dans laquelle un contact en rotation génère, par répulsion électromagnétique, deux arcs en série lors de l'apparition du courant de court-circuit.
- Un dispositif à piston et ressort utilise la pression due à l'énergie d'arc pour provoquer, au-delà d'un certain seuil - environ  $25 I_n$  -, un déclenchement réflexe, environ 3 ms après la répulsion des contacts.
- Jusqu'à ce seuil, la pression est insuffisante pour faire déclencher et l'impédance des arcs limite le courant de court-circuit.
- Au-delà, la coupure est très rapide (1ms) et limite encore plus le courant de court-circuit.

Les éléments des enceintes ont un dimensionnement lié à la taille du disjoncteur. Aussi la limitation est d'autant plus forte que le calibre est petit.

Cette technique procure aux Compact NSX un **pouvoir de limitation exceptionnel** donc des possibilités de **sélectivité** accrues.

Cette technique est aussi très intéressante pour limiter les contraintes sur la distribution électrique de puissance.

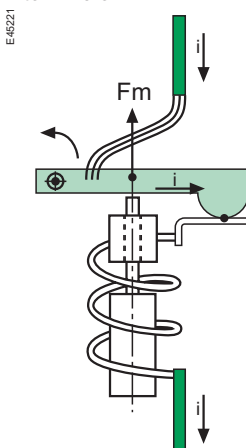
### 3.2.1. Déclencheurs

Les Compact NSX sont équipés d'un déclencheur de type magnéto-thermique ou électronique. Le réglage des seuils Long Retard (LR) permet d'assurer la sélectivité ampèremétrique.

La protection Court Retard (CR) a en standard une mini-temporisation de 5 à 7 ms selon les tailles qui permet une sélectivité chronométrique pour des courts-circuits de valeur moyenne au-delà du seuil de déclenchement Court Retard (CR) du 1.4. La norme CEI 60947-2

### 3.3. Pour les disjoncteurs miniatures DMI

Les disjoncteurs miniatures Multi 9 des gammes Merlin Gerin ont des performances et des caractéristiques nécessaires pour satisfaire les exigences de la distribution terminale :



- calibre nominal de 0,5 à 125 A,
- pouvoir de coupure jusqu'à 50 kA suivant CEI 60947-2,
- courbes de déclenchements B, C, D et MA,
- système d'installation simple et sécuritaire sur rail DIN,
- Bloc Vigi simplement encliquetable sur les appareils de protection.

**Les disjoncteurs Multi 9** sont conçus suivant les principes de l'actionneur magnétique, ce qui permet de développer une tension d'arc très rapidement.

# Le choix de Schneider Electric

## 3.4. Les règles de la sélectivité de 1 à 6300 A

### 3.4.1. Règles générales de sélectivité (en distribution)

Les **disjoncteurs Masterpact N et H** assurent une **sélectivité totale** avec tous les disjoncteurs situés en aval si les 4 conditions suivantes sont remplies :

- le rapport entre les réglages long retard des 2 appareils est dans un rapport 1,6 au maximum,
- le rapport entre les réglages court retard est dans un rapport de 1,5,
- les réglages des retards intentionnels sont compatibles,
- le réglage de l'instantané, s'il existe, doit être sur OFF.

#### 3.4.1.1. Protection contre les surcharges

■ disjoncteurs amont et aval équipés de déclencheur magnétothermique.

La sélectivité ampèremétrique des disjoncteurs Merlin Gerin et Telemecanique est réalisée si le rapport des **seuils de déclenchement** :

- thermique est supérieur à **1,6**,
- **magnétique** est supérieur à **2**.

■ disjoncteur amont équipé d'un déclencheur électronique et aval d'un déclencheur magnétothermique.

La sélectivité ampèremétrique des disjoncteurs Merlin Gerin et Telemecanique est réalisée si le rapport des **seuils de déclenchement** :

- **Long Retard (LR) et thermique** est supérieur à **1,6<sup>(1)</sup> ou 2,5**,
- **Court Retard (CR) et magnétique** est supérieur à **1,5**.

□ disjoncteurs amont et aval équipés d'un déclencheur électronique.

La sélectivité ampèremétrique des disjoncteurs Merlin Gerin et Telemecanique est réalisée si le rapport des **seuils de déclenchement** :

- **Long Retard (LR)** est supérieur à **1,2<sup>(1)</sup> ou 1,6**,
- **Court Retard (CR)** est supérieur à **1,5**.

*(1) Déclencheur amont équipé d'un seuil LR temporisable.*

#### 3.4.1.2. Protection contre les courts-circuits

■ sélectivité chronométrique

La sélectivité chronométrique des disjoncteurs des gammes Merlin Gerin et Telemecanique est réalisée dès qu'il y a un décalage d'un cran de temporisation entre l'appareil amont et l'appareil aval.

■ sélectivité logique

La sélectivité est toujours totale.

### 3.4.2. Règles de sélectivité pour Masterpact NT et NW

#### 3.4.2.1. Masterpact NT et NW de type H1 et N1

La sélectivité de type chronométrique est toujours totale avec un Masterpact N1 ou H1 en amont ( $I_{cw} = I_{cu}$ ), quelque soit le disjoncteur placé en aval.

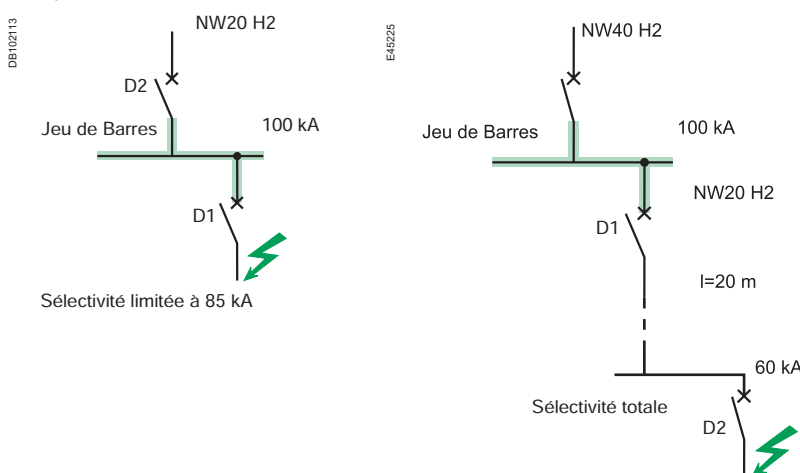
#### 3.4.2.2. Masterpact NW de type H2 et H3

La sélectivité de type chronométrique est assurée jusqu'au seuil de la tenue thermique soit :

- 85 kA pour un Masterpact NW H2,
- 65 kA pour un Masterpact NW H3.

Au niveau du TGBT :

- la sélectivité n'est sans doute pas totale (figure 1) entre une arrivée D1 et un départ D2.



### 3.4.3. Règles de sélectivité “naturelle” entre Compact NSX

#### 3.4.3.1. Sélectivité entre disjoncteurs de distribution

Avec Compact NSX, des règles simples de sélectivité peuvent être établies du fait des nouvelles techniques de mise en œuvre.

#### 3.4.3.2. Protection contre les surcharges : sélectivité ampèremétrique

Comme dans le cas général, la sélectivité ampèremétrique entre disjoncteurs Compact NSX est réalisée si le rapport des seuils de déclenchement :

- Long Retard (LR) est supérieur à 1,2 à 2,5,
  - Court Retard (CR) est supérieur à 1,5 à 2,
- suivant les types de déclencheurs équipant les appareils.

#### 3.4.3.3. Protection contre les courts-circuits de faibles valeurs : sélectivité chronométrique

Le déclenchement de l'appareil amont D1 est légèrement temporisé jusqu'au déclenchement réflexe.

De ce fait, le disjoncteur aval étant d'un calibre inférieur - taille ampèremétrique - sera beaucoup plus rapide. Il coupera dans un temps inférieur à la temporisation du disjoncteur amont.

Cette sélectivité, de type chronométrique, est applicable jusqu'au déclenchement réflexe de l'appareil amont (environ 25 In).

La protection entre Compact NSX est sélective si le rapport entre les **tailles physiques (calibres)** des disjoncteurs est supérieur à 2.

#### 3.4.3.4. Protection contre les courts-circuits élevés : sélectivité énergétique

La technique de coupure développée dans Compact NSX - limitation exceptionnelle et déclenchement réflexe - permet un étagement naturel des courbes en énergie de déclenchement de D2 / non déclenchement de D1.

#### 3.4.3.5. Principe

Lorsqu'un court-circuit très élevé est détecté par les appareils D1 et D2, les contacts des appareils s'entrouvrent simultanément en limitant le courant.

- L'énergie d'arc, importante au niveau de D2, provoque son déclenchement.
  - L'énergie d'arc, limitée au niveau de D1, est insuffisante pour son déclenchement.
- De ce fait, le disjoncteur aval étant d'un calibre inférieur - taille ampèremétrique - sera plus limiteur. Il coupera avec une limitation en courant telle que l'énergie de défaut est largement inférieure au seuil de déclenchement du disjoncteur amont.

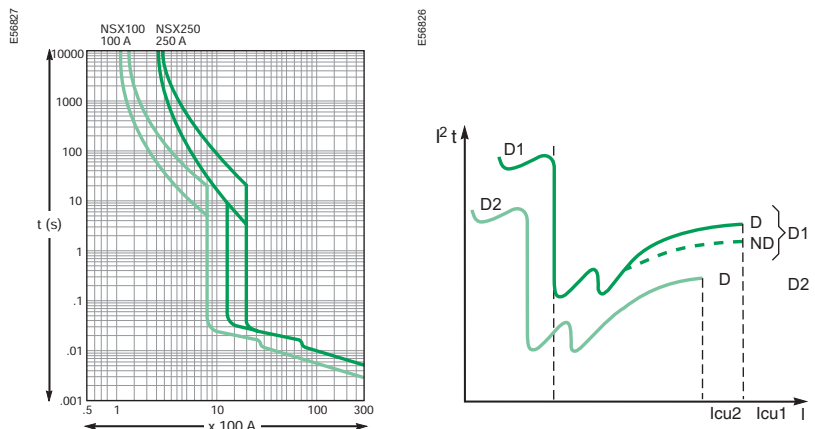


Diagramme temps/courants.

Courbes de déclenchement d'un Compact NSX100 et 250 et types de sélectivité.

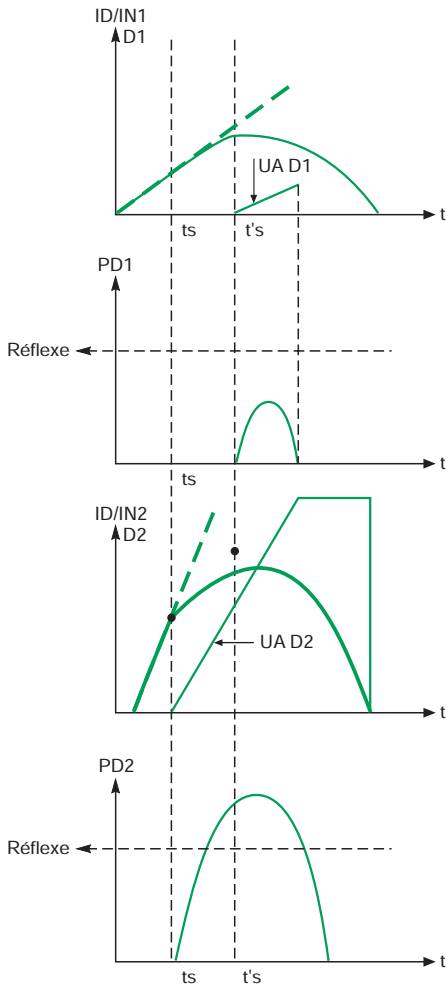
Diagramme énergie.

Cette technique permet de rendre standard les règles de sélectivité entre les appareils.

La protection entre Compact NSX est sélective si le rapport entre les **tailles physiques (calibres)** des disjoncteurs est supérieur à 2.

Dans le prolongement des sélectivités ampèremétriques et chronométriques, cette sélectivité est dénommée “**sélectivité énergétique**”.

E56924



Sélectivité renforcée par filiation principe.

## 3.4.4 La sélectivité renforcée par filiation avec les Compact NSX

Avec les disjoncteurs traditionnels, lorsque la filiation est mise en œuvre entre deux appareils, elle se fait par le déclenchement du disjoncteur amont D1 pour aider le disjoncteur aval D2 à couper le courant. La limite de sélectivité a une valeur  $I_s$  au maximum égal au Pouvoir de Coupure  $I_{cu}D2$  du disjoncteur aval.

Lorsqu'il s'agit de disjoncteurs de type compact NSX, la technique de coupure mise en œuvre sur les courants de court-circuit élevés permet d'augmenter la limite de sélectivité.

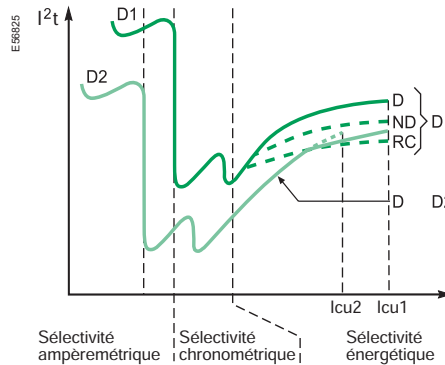
- Le Compact NSX aval D2 voit un courant de court-circuit très important. Le déclenchement réflexe le fait déclencher très rapidement ( $< 1$  ms) avec un très forte limitation du courant de défaut.

- Le Compact NSX amont D1 voit un courant de défaut très limité. Ce courant génère une répulsion des contacts/courbe RC. 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 le Compact NSX D1 aide le Compact NSX D2 à couper le courant sans déclencher.

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

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



Sélectivité renforcée par filiation courbes.

### Avantage de la sélectivité totale en standard avec Compact NSX

L'avantage immédiat est de rendre naturel la sélectivité totale avec Compact NSX dès que :

- l'étagement des réglages LR et CR est supérieur ou égal à 1,6,
- l'étagement des calibres nominaux des appareils est supérieur ou égal à 2,5.

La figure ci-dessus illustre les trois types de sélectivité



### 3.4.5. Applications particulières

#### 3.4.5.1. Comparaison avec les fusibles

Cette règle est tout à fait comparable à celle utilisée pour les associations de fusibles où le rapport des courants assignés (calibres) doit être supérieur à 1,6.

Mais, par rapport aux associations avec fusibles :

- disjoncteur de distribution,
- les tables de sélectivité **renforcée** fonction des résultats d'essais, permettent souvent de descendre à des ratios comparables,
- la possibilité d'obtenir la sélectivité et la filiation avec des disjoncteurs placés en aval (sélectivité renforcée),
- disjoncteur de protection moteur,
- les disjoncteurs de protection moteur sont parfaitement dimensionnés pour le calibre du moteur, tandis que le fusible doit être surdimensionné par rapport au calibre nominal du moteur.

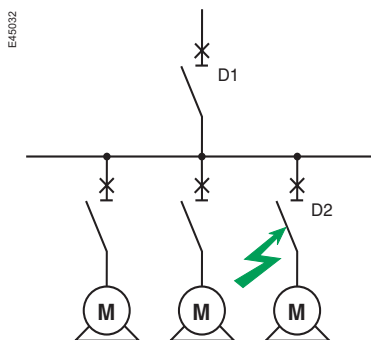
L'association bénéficie de toutes les possibilités de fonctions complémentaires intégrées liées aux disjoncteurs. Le ratio de sélectivité est alors équivalent.

En ce sens, les Compact NSX associent les :

- qualités des fusibles vis à vis des courts-circuits élevés,
- qualités naturellement supérieures pour le traitement des défauts surcharge et des courts-circuits de faible valeur, des règles de sélectivité,
- les avantages liés à la richesse fonctionnelle et aux possibilités de communication des disjoncteurs.

#### 3.4.5.2. Sélectivité entre un disjoncteur de distribution et un disjoncteur de protection

Les qualités des Compact NSX permettent leur utilisation en protection moteur.



Sélectivité des disjoncteurs en protection moteur.

### 3.4.6. Synthèse

Le tableau suivant résume les conditions à remplir pour obtenir une sélectivité totale.

D1	Application	D2	Rapport des tailles	Rapport entre les réglages amont et aval	
				Protection thermique	Protection magnétique
TM	Distribution	TM or Multi 9	≥ 2,5	≥ 1,6	≥ 2
		Micrologic	≥ 2,5	≥ 1,6	≥ 1,5
	Moteur	MA + relais thermique séparé		≥ 3	≥ 2
		Magnéto-thermique moteur		≥ 3	≥ 2
Micrologic	Distribution	TM or Multi 9	≥ 2,5	≥ 1,6	≥ 1,5
		Micrologic	≥ 2,5	≥ 1,3	≥ 1,5
	Moteur	MA + relais thermique séparé		≥ 3	≥ 1,5
		Magnéto-thermique moteur		≥ 3	≥ 1,5
		Micrologic		≥ 1,3	≥ 1,5

# La mise en œuvre de la sélectivité et de la filiation

## 4.1. Tableaux de sélectivité

Les tableaux en partie "Compléments techniques" indiquent les possibilités de sélectivité des disjoncteurs Merlin Gerin entre eux.

Les résultats proviennent, selon qu'il y a ou non filiation, de comparaison des caractéristiques ou d'essais.

### 4.1.1.1. Conditions d'utilisation

Les conditions d'utilisations sont précisées, les disjoncteurs pouvant être utilisés en distribution ou en protection moteur.

### 4.1.1.2. Lecture des tableaux

Les cases grisées ou comportant un "T" correspondent à une sélectivité totale entre les disjoncteurs amont et aval concernés, sous les conditions d'utilisation précisées en partie "Compléments techniques".

Pour les autres cases on a, soit une sélectivité partielle (limite de sélectivité indiquée), soit pas de sélectivité (cases sans valeur mentionnée).

### 4.1.1.3. Tableaux de sélectivité renforcée par filiation avec Compact NSX

Avec les disjoncteurs de type compact NSX, la filiation mise en œuvre entre deux appareils permet d'augmenter la limite de sélectivité.

Celle-ci peut de ce fait atteindre le pouvoir de coupure renforcé par filiation et la sélectivité devient alors totale.

Ceci se traduit par des tableaux de sélectivité dite "renforcée" avec ces disjoncteurs présentés en partie "Compléments techniques".

## 4.2. Tableaux de filiation

Les tableaux de la partie "Compléments techniques" donnent, en distribution 220/240 V et 400/415 V entre phases, puis en protection moteur, les possibilités de filiation conformes à la CEI 60947-2 entre les disjoncteurs :

- Multi 9 avec Multi 9,
- Compact NS, Compact, Masterpact avec Multi 9 et entre eux.

Dans le cas de disjoncteurs utilisés en monophasé sur un réseau TN, on utilise le tableau 220/240 V.

*Nota : Les tableaux de filiation sont donnés pour un schéma de liaisons à la terre de type TN ou TT. Ils ne sont pas applicables en schéma IT.*

### 4.2.1.1. Cas de plusieurs transformateurs en parallèle

Dans ce cas, il faut utiliser des tableaux spécifiques qui donnent les types de disjoncteurs à installer sur les départs de source et sur les départs principaux dans le cas de 2 ou 3 transformateurs en parallèle.

Ils sont établis avec les hypothèses suivantes :

- puissance de court-circuit du réseau amont de 500 MVA,
- les transformateurs couplés sont identiques (20 kV/410 V) et de tension de court-circuit usuelle,
- le courant de court-circuit sur le jeu de barres ne tient pas compte des impédances des liaisons (cas le plus défavorable),
- **les conditions de couplage des transformateurs en parallèle sont réunies**, c'est-à-dire que les transformateurs ont :
  - le même Ucc,
  - le même rapport de transformation,
  - un rapport des puissances  $\leq 2$ .

L'icc est donné à titre indicatif ; il pourra être différent en fonction des Ucc en % donnés par les fabricants de transformateurs, les valeurs des PdC renforcés par filiation sont donc données pour des valeurs supérieures.

### 4.3. Etude de la sélectivité HTA / BT de 1 à 6300 A

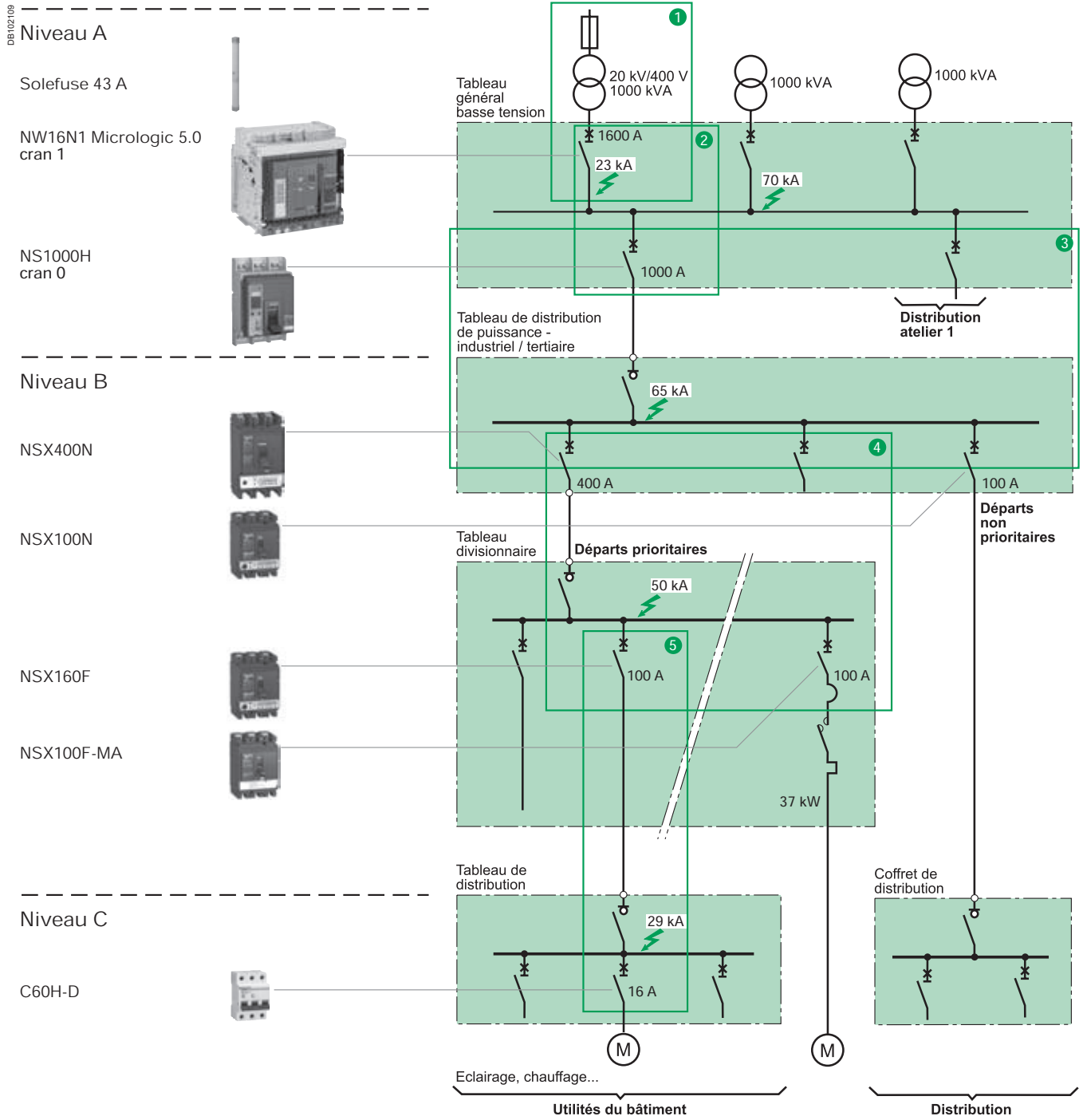
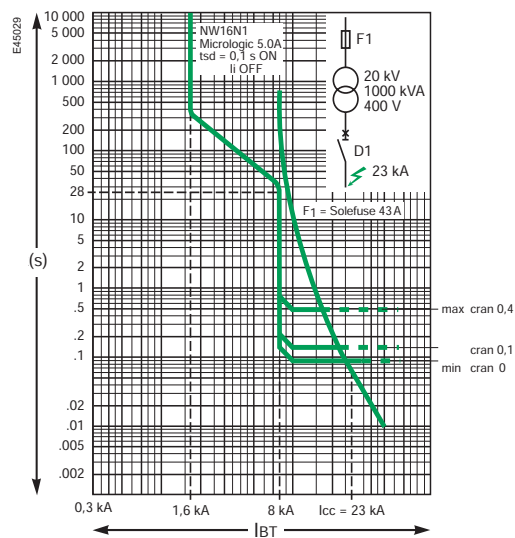


Schéma simplifié d'une installation type qui globalise la majorité des cas rencontrés en pratique.

La figure montre la mise en œuvre de la coordination des différentes protections dans une distribution HT/BT.

# La mise en œuvre de la sélectivité et de la filiation



Sélectivité NW16N1/Solefuse courant ramené au secondaire.

## 4.3.1. Au niveau du TGBT

### 4.3.1.1. Sélectivité avec la partie HT ①

Les 2 dispositifs de protection sont en "série". De ce fait, les avantages de continuité de service liés à la sélectivité entre les protections ne paraissent pas intéressants. Néanmoins, l'intérêt de la sélectivité HT/BT réside surtout dans le fait que l'intervention de remise en service se fait de manière moins contraignante en BT (accessibilité, consignation).

La comparaison des courbes de déclenchement rapportés au secondaire du transformateur HT/BT et montre que la sélectivité entre le Masterpact NW16 et le fusible SOLEFUSE 43 A est :

- **totale** : si le Masterpact a un déclenchement sans retard intentionnel,
- **quasi totale** : si le Masterpact NW a un déclenchement avec un retard intentionnel

au cran 0,1 (Micrologic 5.0 A : retard intentionnel réglable du cran 0,1 ON à 0,4 ON) au pire la limite de sélectivité se situe à 20 kA <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> La mise en parallèle de 3 transformateurs crée un lcc sur le jeu de barres commun de 70 kA, mais chacun des disjoncteurs source ne voit un lcc que de 20 kA.

**Nota** : la sélectivité est totale avec un disjoncteur HT en amont.

### 4.3.1.2. Sélectivité avec la partie BT aval ②

D'après la règle établie en page 36, le disjoncteur Masterpact NW16N1 au cran 0,1 est totalement sélectif avec tous les disjoncteurs situés en aval :

- s'ils ont un retard intentionnel un cran inférieur. Dans le cas présent, ils doivent être sans retard intentionnel (cran 0),
- si le rapport des calibres est  $\leq$  à 1,2, voir page 39.

De ce fait, le Masterpact NW16N1 est sélectif total avec le NS1000A situé en aval.

## 4.3.2. Filiation

Il n'y a pas de filiation entre les disjoncteurs NW16N1 et NS1000A.

---

Schneider Electric met à disposition un logiciel **Ecodial** d'aide à la définition des Disjoncteurs, qui optimise le choix des disjoncteurs, leur coordination et leurs réglages en fonction du type d'installation.

### 4.3.3. Au niveau du tableau de distribution de puissance ③

L'utilisation de la technique de "sélectivité renforcée par limitation" permet

- l'utilisation de disjoncteur Compact NSX type N en aval grâce au renforcement de leur pouvoir de coupure par filiation entre le NS1000H et les NSX400 / NSX100.
- la sélectivité totale, c'est-à-dire jusqu'au niveau de l'icc présumé, avec des disjoncteurs standard (type N) installés en aval grâce à la sélectivité renforcée jusqu'au pouvoir de coupure de l'appareil amont. Au niveau de l'installation (figure page 41), le NSX100N alimente des départs non prioritaires. De ce fait, une sélectivité partielle avec une solution optimisée de la protection pourrait être tolérée. En revanche, le NSX400N alimente des récepteurs nécessitant une haute disponibilité en énergie électrique. La sélectivité totale pour l'utilisateur est requise. Celle-ci est obtenue en standard avec Compact NSX.

### 4.3.4. Au niveau du tableau divisionnaire ④

En aval du disjoncteur NSX400N, la coordination avec le disjoncteur NSX160N se fait de même grâce à la sélectivité renforcée par limitation :

- avec renforcement du pouvoir de coupure du NSX160N (jusqu'à 50 kA),
- avec renforcement de la sélectivité (jusqu'au pouvoir de coupure renforcé du NSX160N soit 50 kA).

La sélectivité est totale.

*Nota : La règle de sélectivité entre Compact NSX page 38 s'applique à cette coordination.*

#### 4.3.4.1. Disjoncteur de protection moteur

##### Coordination vers la distribution amont

La puissance du moteur (37 kW) nécessite sous 400 V une protection par un disjoncteur NSX100F-MA. Les performances de la coordination sont identiques à celles établies pour la protection de distribution, soit :

- renforcement du pouvoir de coupure du NSX100F-MA,
- renforcement de la sélectivité (jusqu'au pouvoir de coupure renforcé du NSX100F-MA soit 50 kA).

*Nota : La protection par fusible dans ce cas se ferait avec un aM dont les caractéristiques sont analogues à un fusible de calibre 160 A. Le rapport de sélectivité disjoncteur/disjoncteur ou fusible/fusible est dans ce cas identique.*

##### Coordination au niveau du départ moteur

Les qualités de limitation du disjoncteur NSX160N amène une coordination de type 2 avec des composants standard : relais de protection thermique et contacteurs de Telemecanique. Cette coordination est garantie par Schneider Electric.

*Nota : La protection par fusible entraîne un surdimensionnement des composants du départ moteur pour obtenir une coordination de type 2.*

### 4.3.5. Au niveau du tableau de distribution terminale ⑤

Malgré le niveau d'icc, à cet endroit de l'installation, les performances de coordination entre les gammes Compact NSX et M9 permettent d'avoir une sélectivité totale même avec l'utilisation d'un C60H-D ou -MA.

**La sélectivité totale de cette installation à été réalisée entre :**

- la HT et la BT,
- sur 5 étages de la distribution BT.

# Notes

---



**Schneider Electric Industries SAS**  
89, boulevard Franklin Roosevelt  
F - 92500 Rueil-Malmaison cedex (France)  
Tel : +33 (0)1 41 29 85 00

<http://www.schneider-electric.com>

En raison de l'évolution des normes et du matériel, les caractéristiques indiquées par les textes et les images de ce document ne nous engagent qu'après confirmation par nos services.



*Ce document a été imprimé sur du papier écologique.*

Création, réalisation : Schneider Electric  
Photos : Schneider Electric  
Impression :