



**Etienne Blanc**

Diplômé ingénieur IEG en 1968, il entre chez Merlin Gerin en 1970. Après trois années au service «Information-Promotion des ventes» où il est responsable de la documentation technique BT, il rejoint la Direction technique et réalise des études de réseaux (stabilité dynamique, protection, sélectivité, harmoniques, sûreté... ). En 1983 il quitte la Direction technique pour le Département «disjoncteurs industriels» où il est gérant de produits.

## n°150

### évolution des disjoncteurs BT avec la norme CEI 947-2



# évolution des disjoncteurs BT avec la norme CEI 947-2

## sommaire

<b>1. Introduction</b>	La publication CEI 947-2	p. 4
	Les étapes de sa mise en application	p. 5
	Ses principales nouveautés	p. 6
<b>2. Le disjoncteur, un appareil de sécurité multifonctionnel</b>	Des performances et de nouveaux tests pour mieux assurer la protection contre les surintensités	p. 6
	La tenue aux surtensions pour «la coordination de l'isolement»	p. 8
	Prise en compte de l'introduction de l'électronique dans les disjoncteurs industriels	p. 9
	Sectionnement et protection différentielle : deux fonctions supplémentaires maintenant reconnues	p. 10
	<b>3. Un standard d'essais qui colle à la réalité</b>	Des tests regroupés en séquences
	Un très large échantillonnage de disjoncteurs testés	p. 12
<b>4. Des conséquences pratiques pour le concepteur d'installation</b>	Les critères fondamentaux de choix d'un disjoncteur sont inchangés	p. 14
	Utilité de la «performance de coupure de service» Ics	p. 14
	Deux appareils en un : le disjoncteur-sectionneur	p. 14
	Une assurance tous risques : la conformité à la CEI 947-2	p. 15
	<b>Annexe 1 : principales différences entre les normes CEI 157-1 et CEI 947-2</b>	
<b>Annexe 2 : définitions et symboles selon CEI 947-2</b>		p. 17
<b>Annexe 3 : exemples de calcul d'Icc probables</b>		p. 18
<b>Annexe 4 : la norme CEI 898 pour les disjoncteurs domestiques</b>		p. 20

L'évolution du besoin de sûreté et des technologies a permis un relèvement significatif des exigences normatives pour les disjoncteurs industriels (mise en œuvre réservée aux électriciens). Aujourd'hui, la conformité à la norme CEI 947-2 de 1989, révisée et complétée en 1995, peut être considérée comme une assurance tous risques concernant l'aptitude à l'emploi des disjoncteurs.

Tous les pays, fait remarquable, ont approuvé cette norme ; le dernier, le Japon, devrait le faire prochainement.

Ce Cahier Technique montre les plus de cette norme par rapport à l'ancienne CEI 157-1 et détaille les nombreux tests auxquels ces appareils de coupure doivent satisfaire. Tests qui sont très représentatifs des contraintes rencontrées dans les installations électriques.

# 1. introduction

Comme tous les matériels électriques, les disjoncteurs industriels Basse Tension sont conçus, fabriqués et vérifiés selon des règles regroupées dans les normes dites «normes produits» (cf. fig. 1).

Chaque pays a ses propres normes (UTE pour la France, BS pour l'Angleterre, VDE pour l'Allemagne, etc) souvent dérivées des publications CEI (Commission Electrotechnique Internationale) qui servent de référence.

Ainsi aujourd'hui, les normes relatives aux disjoncteurs industriels BT sont, en Europe comme dans un grand nombre d'autres pays, basées sur la norme CEI 947-2 qui remplace depuis 1989 la norme CEI 157-1 de 1973 (cf. fig. 2).

## la publication CEI 947-2

### Un pas supplémentaire vers un standard international.

La volonté d'une reconnaissance encore plus internationale des recommandations CEI, ainsi que les progrès techniques et technologiques accomplis depuis 1973 par les constructeurs, avaient conduit les experts du sous comité 17B de la CEI à travailler à la révision de la publication 157-1.

Les travaux de ces experts internationaux, dont trois ingénieurs de Schneider, se sont concrétisés par la publication en 1989 de la première édition de la norme CEI 947-2. Celle-ci a obtenu, lors du vote d'approbation, un très large accord mondial (Europe, Etats-Unis, Canada, Australie, Afrique du Sud... ). Le Japon était la seule exception ; mais il devrait reconnaître officiellement cette norme en 1997 ou 1998. (cf. fig. 3).

### La CEI 947-2 est une partie d'un ouvrage beaucoup plus vaste : la CEI 947

Cet ouvrage comporte 7 documents qui sont les normes CEI pour l'ensemble de l'appareillage électrique Basse Tension utilisable dans le domaine industriel :

- CEI 947-1 : Règles générales, 2<sup>ème</sup> édition (publiée en septembre 1996),
- CEI 947-2 : Disjoncteurs, 2<sup>ème</sup> édition (publiée en décembre 1995)

Dans le domaine de l'électrotechnique, il existe 2 types de norme que les différents acteurs doivent respecter :

#### 1. les normes «produits»

Ces normes existent pour chacun des constituants d'une installation électrique. La conformité d'un produit à ces normes est, pour l'utilisateur, une assurance de qualité et fiabilité.

#### 2. les normes d'installation

Elles regroupent l'ensemble des règles à respecter à la conception, la réalisation et l'exploitation d'une installation électrique en vue d'assurer :

- l'alimentation des récepteurs dans de bonnes conditions (tension, fréquence, continuité de service...);
- la sécurité des personnes et des biens ;
- ...et le maintien dans le temps de ces caractéristiques.

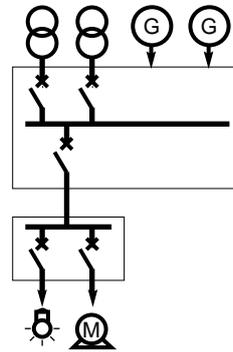
La CEI 364 et, en France la NF C 15-100, entrent dans cette catégorie.

#### En pratique

Voici présentés autour du schéma d'une installation électrique, d'une part les constituants de cette installation concernés par des normes produits, et d'autre part les paramètres définis ou pris en compte par les normes d'installation.

Exemples de constituants concernés par des normes produits :

- sources de puissance ;
- tableau principal de distribution (enveloppe et appareillage) ;
- câbles ;
- tableau secondaire (enveloppe et appareillage) ;
- câbles ;
- récepteurs.



Principaux paramètres définis ou pris en compte par les normes d'installation :

- schéma des liaisons à la terre ;
- courant à véhiculer ;
- courant de court-circuit ;
- courant de défaut d'isolement ;
- température ;
- type et mode de pose des câbles ;
- chute de tension maximale admissible ;
- risques spéciaux (incendie, chocs, explosion), sélectivité ;
- contraintes d'exploitation ;
- etc.

fig. 1 : les normes produits et les normes d'installation.

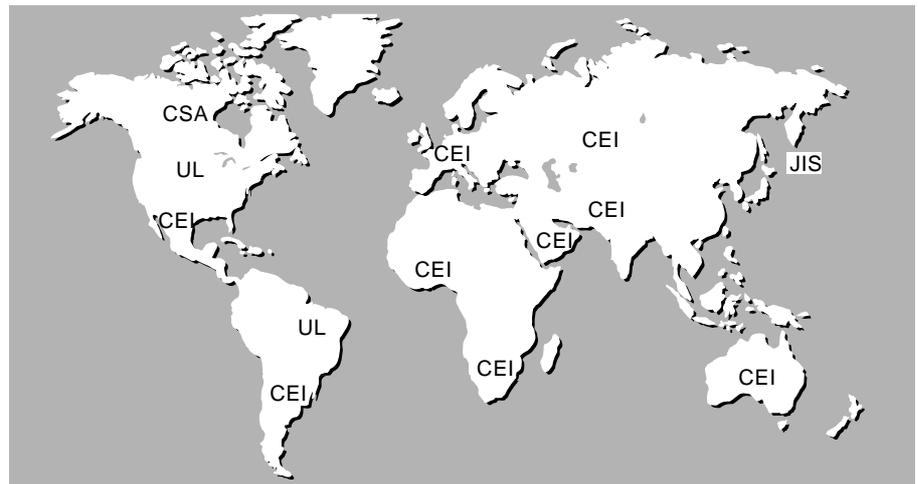


fig. 2 : carte des influences normatives.

- CEI 947-3 : Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs, et combinés-fusibles (anciennement

- CEI 408) (publiée en 1990),
- CEI 947-4-1 : contacteurs et démarreurs de moteurs (anciennement

CEI 158-1 et CEI 292) (publiée en mai 1996),

- CEI 947-4-2 : gradateurs et démarreurs à Semi Conducteurs de moteurs à courant alternatif (publiée en 1995),
- CEI 947-5-1 : Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande (anciennement CEI 337) (publiée en mars 1990),
- CEI 947-5-2 : Détecteurs de proximité (publiée en juillet 1992),
- CEI 947-6-1 : Matériels de connexion de transfert automatique (publiée en 1989),
- CEI 947-6-2 : Appareils de connexion de commande de protection (ACP) (publiée en août 1992),
- CEI 947-7-1 : Blocs de jonction pour

conducteurs en cuivre (publiée en 1989).

Cette architecture a permis d'homogénéiser le vocabulaire et les règles générales entre les différentes familles de produits ; mais, pour déterminer la totalité des règles relatives à une catégorie d'appareils, elle oblige à consulter deux documents :

- les « Règles générales » (CEI 947-1) qui regroupent les définitions, prescriptions et essais communs à tout matériel industriel BT;
  - les normes « Produits » (CEI 947-2 à 7) qui traitent des prescriptions et essais spécifiques au produit concerné.
- Ainsi les textes applicables aux disjoncteurs industriels BT sont les CEI 947-1 et CEI 947-2.

## les étapes de sa mise en application

### En Europe

Les textes de la CEI 947 sont d'abord étudiés au niveau du Comité Européen de Normalisation ELECTrotechnique (CENELEC) qui regroupe les dix-huit pays d'Europe Occidentale.

A partir de ces textes de base le CENELEC établit :

- soit une norme européenne «EN xxx» qui est ensuite entérinée comme norme nationale par tous les pays membres ;
- soit, en cas de divergences techniques, un document d'harmonisation «HD xxx» qui est ensuite transformé en norme nationale avec intégration des points spécifiques à chaque pays.

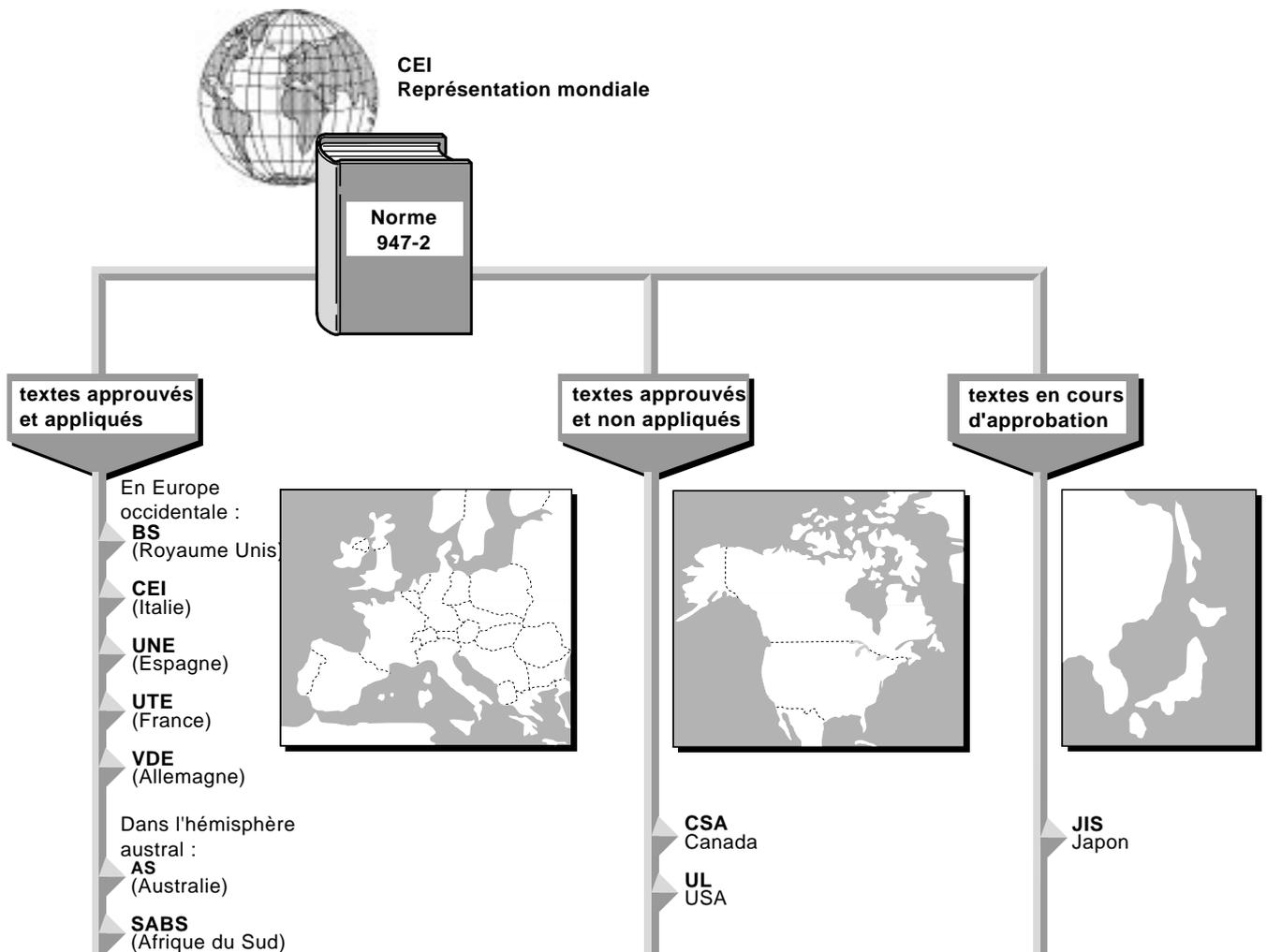


fig. 3 : représentation mondiale de la CEI 947-2.

En ce qui concerne les publications CEI 947-1 et 2, aucune divergence importante n'est apparue. Aussi, le CENELEC a publié en 1991 deux normes européennes EN 60 947-1 et EN 60 947-2 qui se retrouvent depuis 1992 dans les normes nationales des différents pays membres.

#### Aux USA et au Canada

Bien que ces pays aient exprimé un avis favorable, leurs normes (UL aux USA, CSA au Canada) toujours en vigueur sont très différentes de la CEI 947-2. Malgré un rapprochement sur certains points, on peut penser que ces deux pays conserveront encore longtemps leurs normes spécifiques.

#### Au Japon

Le Japon est le seul pays à avoir voté négativement. Il n'a donc pas adopté les

textes CEI et conserve ses propres normes JIS. Cependant, sous la pression internationale, les frontières de ce pays s'ouvrent progressivement et la CEI 947 devrait servir de base à une nouvelle norme JIS.

#### Dans les autres pays du monde

Chaque pays peut entériner un texte CEI comme norme nationale après étude et modifications éventuelles. La norme CEI 947-2, après avoir obtenu un très large accord, a été adoptée avec très peu de modifications par la plupart des pays.

### ses principales nouveautés

Bien entendu, les nouveaux textes n'ont pas modifié les critères de choix fondamentaux d'un disjoncteur, qui demeurent son pouvoir de coupure et son courant assigné.

Cependant, ils procurent à l'utilisateur de meilleures assurances sur la qualité et les performances, en introduisant des essais et exigences supplémentaires qui prennent mieux en compte les conditions réelles de fonctionnement d'un disjoncteur en exploitation (voir annexe 1).

Cette norme reconnaît aussi la capacité des disjoncteurs à assurer, en plus de leurs fonctions habituelles de protection contre les surintensités, d'autres fonctions telles que le sectionnement ou la protection des personnes par dispositif différentiel.

## 2. le disjoncteur, un appareil de sécurité multifonctionnel

### des performances et de nouveaux tests pour mieux assurer la protection contre les surintensités

Ce qu'attend avant tout un utilisateur d'un disjoncteur, c'est qu'il remplisse sans aucune défaillance son rôle principal : protéger en toute circonstance et en toute sécurité les installations électriques contre les surintensités quelles que soient leurs valeurs entre  $I_n$  et le pouvoir de coupure de l'appareil. Face à cette nécessité, la CEI 947-2 non seulement conserve les principales caractéristiques d'un disjoncteur (pouvoir de coupure, courant nominal, tension d'emploi... etc) en les clarifiant, et les complétant par de nouvelles notions et nouvelles performances (cf. annexe 2), mais aussi impose toute une série de tests dont la sévérité constitue la garantie de son aptitude à ouvrir un circuit quelle que soit l'intensité du courant.

#### Clarification du pouvoir de coupure -PdC-

Avec la CEI 157-1, pour un même disjoncteur, coexistaient deux pouvoirs de coupure dits «P1» et «P2» différenciés à la fois par le cycle d'essais et les exigences postcoupures. La CEI 947-2 fait disparaître cette

ambiguïté : désormais, tout disjoncteur n'a qu'un pouvoir de coupure appelé  $I_{cu}$  (Pouvoir de coupure ultime) exprimé en kA.  $I_{cu}$  correspond, en pratique, au pouvoir de coupure P1 de l'ancienne norme et il est défini de la même façon :  $I_{cu}$  (CEI 947-2) = PdC P1 (CEI 157-1) C'est cette caractéristique qui, lors de la conception d'une installation, est à comparer à la valeur du courant de court-circuit triphasé au point d'installation du disjoncteur :  $I_{cu}$  (de l'appareil)  $\geq I_{cc}$  tri (du réseau).

#### La performance de coupure en service : Ics

Les calculs des courants de court-circuit présumés se font habituellement avec des hypothèses maximalistes qui vont toutes dans le sens de la sécurité, en particulier :

- le court-circuit est triphasé ;
- il est dit «boulonné» c'est-à-dire sans arc ;
- les résistances des connexions ne sont pas prises en compte ;
- le court-circuit est considéré comme intervenant aux bornes aval du disjoncteur sans interposition de câbles ;
- les résistances de liaison sont calculées à la température normale de fonctionnement des câbles (lors d'une surintensité ces résistances sont plus importantes car elles augmentent en

même temps que les câbles s'échauffent).

Il en résulte que, lorsqu'un court-circuit survient (fait déjà très exceptionnel), sa valeur réelle est plus faible (voire beaucoup plus faible pour les circuits terminaux) que le  $I_{cc}$  présumé calculé. Par contre, il est important qu'un tel courant, de probabilité plus élevée, soit coupé dans de très bonnes conditions afin d'assurer, 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 947-2 introduit une nouvelle caractéristique  $I_{cs}$  appelée «Pouvoir de coupure de service», généralement exprimée en % de  $I_{cu}$  (valeur à choisir par le constructeur entre 25, 50, 75 ou 100 %) définie de la manière suivante :

- le disjoncteur effectue trois coupures successives du courant  $I_{cs}$ ,
- l'aptitude de l'appareil à assurer toutes ses fonctions est ensuite vérifiée par une série de mesures et de manoeuvres (échauffement sous  $I_n$ , capacité à couper son courant nominal en réalisant 5 % de l'endurance électrique, tenue diélectrique, fonctionnement des déclencheurs,...). Ceci fait d' $I_{cs}$  une performance qui ne peut pas être considérée comme un

simple pouvoir de coupure (comme l'était le PdC P2 de la CEI 157-1), mais comme l'aptitude d'un disjoncteur à assurer un service tout à fait normal, même après avoir coupé plusieurs courants de court-circuit (O-FO-FO).

**Le courant de courte durée admissible  $I_{cw}$  (pour les disjoncteurs de la catégorie B)**

La CEI 947-2 définit deux catégories de disjoncteurs :

- ceux de catégorie A pour lesquels

aucun retard au déclenchement en condition de court-circuit n'est prévu. C'est généralement le cas des disjoncteurs sous boîtier moulé, tel le Compact NS. Cette exigence n'est pas synonyme de non sélectivité au déclenchement (voir Cahier Technique n° 167)

- ceux de catégorie B pour lesquels, en vue de réaliser une sélectivité chronométrique, il est possible de retarder le déclenchement pour une valeur de court-circuit inférieure à  $I_{cw}$ . C'est généralement le cas des disjoncteurs ouverts (type Masterpact) et de certains boîtiers moulés de gros calibres comme le Compact C1251N. Pour ces derniers, la nouvelle CEI impose un test supplémentaire afin de vérifier leur capacité à supporter thermiquement et électrodynamiquement (sans répulsion des contacts qui provoquerait leur usure prématurée) le courant  $I_{cw}$  pendant le retard associé (cf. fig. 4).

	courant de courte durée admissible $I_{cw}$		retard associé $\Delta t$
	$I_n \leq 2500$ A	$I_n > 2500$ A	
valeurs selon CEI 947.2	$I_{cw} \leq 12 I_n$ (avec mini 5 kA)	$I_{cw} > 30$ kA	0,05 s (valeur minimale) 0,1 s 0,25 s 0,5 s 1 s } (valeurs préférentielles)
exemple Masterpact M20 H2	$I_{cw} = 75$ kA		1 s

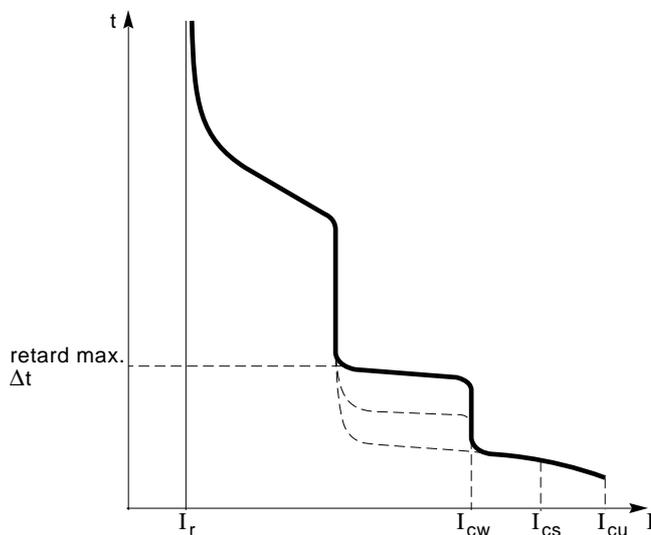


fig. 4 : test supplémentaire pour les disjoncteurs de la catégorie B.

**La coupure en schéma IT**

En schéma IT, les disjoncteurs peuvent être amenés à couper avec un seul pôle un courant de «double défaut» sous la tension entre phases (cf. fig. 5). L'annexe H de la CEI 947-2 prend en compte ce type de coupure et impose aux disjoncteurs utilisables en schéma IT un test de coupure spécifique. Les appareils n'ayant pas subi ce test avec succès, ne doivent pas être utilisés en schéma IT et sont repérés par le symbole  $\otimes$

**La coordination entre disjoncteurs**

Le terme de coordination concerne le comportement de deux appareils C1 et C2 placés en série dans une distribution électrique, en présence d'un court-circuit en aval de C2 (cf. fig. 6).

Il recouvre deux notions :

- l'une très connue, la sélectivité, de plus en plus recherchée dans les distributions électriques basse tension modernes,

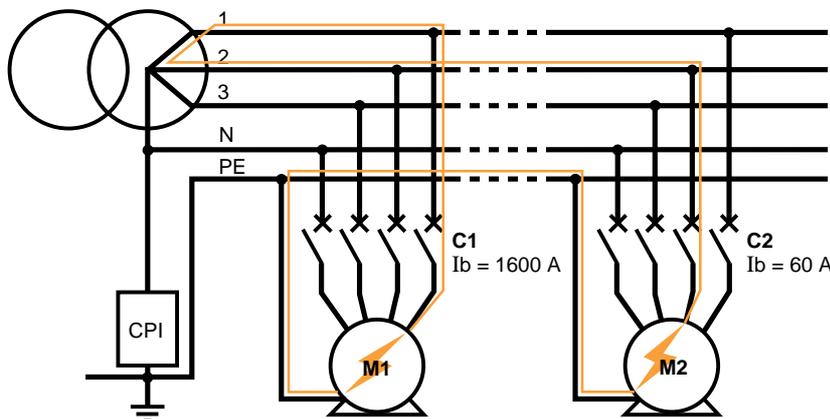


fig. 5 : exemple de coupure d'un courant de «double défaut» dans une installation en schéma IT. Du fait de la différence de calibres entre deux disjoncteurs (C1 et C2), il est possible qu'un seul (C2) soit en position d'éliminer le défaut avec un seul pôle sous la tension composée (phase/phase).

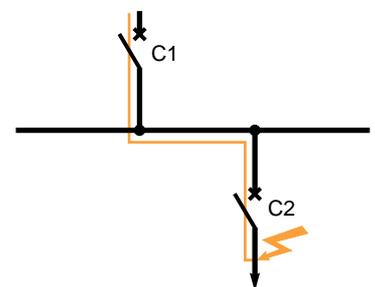


fig. 6 : deux disjoncteurs C1 et C2 placés en série sur un circuit.

■ l'autre moins connue (mais prévue et acceptée par les normes d'installation), appelée « filiation », « cascading », « series rating » ou « protection d'accompagnement ». Elle consiste à installer un appareil C2, dont le pouvoir de coupure  $I_{cu2}$  est inférieur au courant de court-circuit triphasé à ses bornes ( $I_{cc2}$ ) et qui est protégé ou « aidé » par l'appareil C1 pour tout courant compris entre  $I_{cu2}$  et  $I_{cc2}$  (cf. fig. 7). Le principal avantage de cette technique est de pouvoir choisir pour C2 un appareil de performance moindre, donc plus économique, sans mettre en péril la sécurité de l'installation. Pour déterminer et garantir la coordination entre deux disjoncteurs, il est nécessaire d'effectuer une première approche théorique et de confirmer les résultats par quelques essais judicieusement choisis. C'est ainsi que Merlin Gerin a toujours pratiqué pour établir les tableaux de sélectivité et de filiation qui sont aujourd'hui en parfait accord avec l'annexe A de la CEI 947-2. Les approches ou méthodes théoriques consistent :

■ pour la sélectivité, à comparer les caractéristiques de limitation du disjoncteur aval aux caractéristiques de non déclenchement de l'appareil amont (cf. fig. 8). La méthode est très précise et nécessite très peu d'essais de confirmation.

■ pour la filiation, à comparer les caractéristiques de limitation de l'appareil amont aux contraintes maximales supportables par l'appareil aval (cf. fig. 9). La méthode est beaucoup moins précise, aussi dans ce cas, la CEI 947-2 demande que les résultats soient vérifiés par des essais plus nombreux.

## la tenue aux surtensions pour « la coordination de l'isolement »

### Qu'est-ce que la coordination de l'isolement ?

Toute installation électrique peut être soumise à des surtensions occasionnelles d'origine très diverses telles que :

- surtensions atmosphériques,
- surtensions de manœuvre,
- surtensions dues à un défaut,
- surtensions consécutives à un amorçage MT/BT,
- etc.

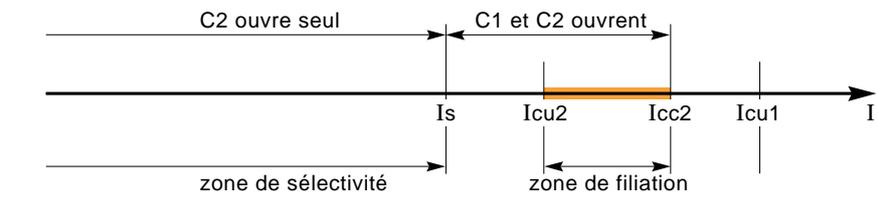
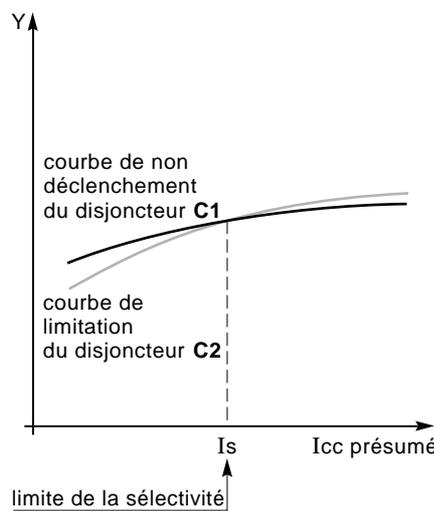


fig. 7 : principe de filiation entre deux disjoncteurs, l'appareil C2 dont le pouvoir de coupure  $I_{cu2}$  est inférieur au courant de court-circuit triphasé à ses bornes ( $I_{cc2}$ ), est protégé ou « aidé » par l'appareil C1.



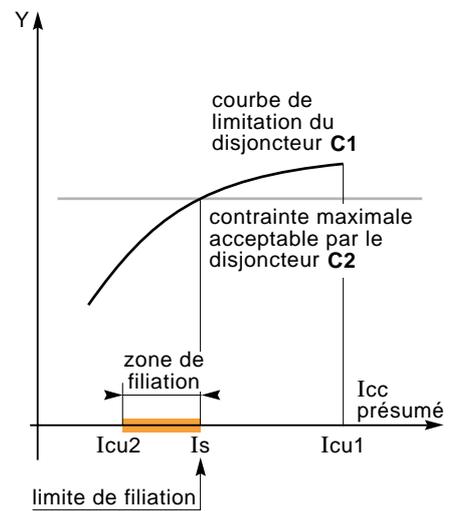
Selon le type de déclencheur du disjoncteur C1, Y est exprimé en :

- $A^2.s$  (contrainte thermique) pour un déclencheur magnétothermique,
- kA crête pour un déclencheur électronique

fig. 8 : détermination théorique de la limite de sélectivité entre deux disjoncteurs.

L'étude de ces surtensions (origine, valeur, localisation...) et des règles à appliquer pour s'en protéger, est connue sous l'appellation « coordination de l'isolement » (cf. Cahiers Techniques n° 151 et 179). Dans les réseaux BT de type industriel, la protection contre les surtensions est considérée comme réalisée lorsque les matériels supportent sans dommage les deux types de tests :

- tests diélectriques à 50 Hz, bien connus, par exemple la tenue à  $(2 U_i + 1000 V)/1mn$ , qui simule le risque de défaut avec des installations à tension plus élevée.
- tests de tenue aux ondes de tension de choc (onde 1,2/50  $\mu s$  : cf. fig. 10) de



Dans tous les cas cette vérification doit être faite avec des courbes (Y) exprimées en  $A^2.s$  (contrainte thermique), et en kA crête.

fig. 9 : détermination théorique de la limite de filiation entre deux disjoncteurs.

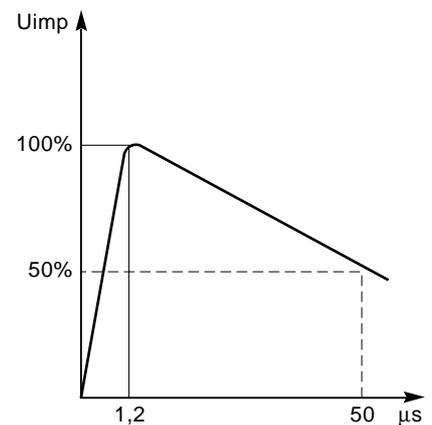


fig. 10 : onde de choc pour les disjoncteurs industriels 1,2 / 50  $\mu s$ .

valeur  $U_{imp}$  (imp comme impulsion) variable selon le lieu d'installation ; nouveaux, ils couvrent la tenue aux surtensions atmosphériques et de manœuvre. La performance  $U_{imp}$  que doit tenir l'appareillage est définie dans les normes d'installation selon le tableau de la figure 11.

### Les tests de tenue aux ondes de tension de choc

Les publications CEI 947 prennent en compte les règles de «coordination de l'isolement» et demandent que des tests de tenue aux ondes de choc soient pratiqués sur l'appareillage.

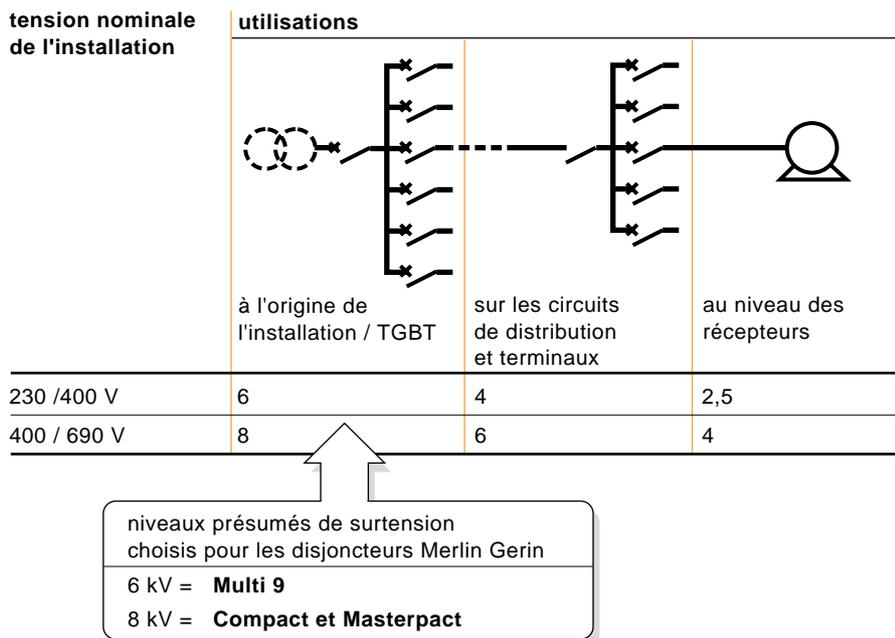


fig. 11 : niveaux présumés de surtensions transitoires (suivant publication 38 de la CEI et NF C 15-100 édition 1990, pour une altitude de 2000 m).

La valeur de  $U_{imp}$  devant être valable jusqu'à 2000 mètres d'altitude, les tests, généralement réalisés au niveau de la mer, doivent être effectués à une valeur supérieure de 23 % (soit 9,8 kV pour  $U_{imp} = 8$  kV).

application de la tension de choc	valeurs de la tension de choc	
	disjoncteurs	disj.-sect.+ classe II face avant
entre phases	9,8 kV	9,8 kV
entre amont et aval disjoncteur ouvert	9,8 kV	12,3 kV
entre phases et masse	9,8 kV	14,7 kV

tests effectués sur Compact et Masterpact

fig. 12 : tests de tenue aux ondes de choc pour les disjoncteurs industriels. Lors des différents tests aucun claquage ne doit se produire entre phases, entre contacts ouverts ou entre phase et masse.

Ainsi pour les disjoncteurs industriels de caractéristiques  $U_{imp} = 8$  kV, sont exécutés les tests détaillés dans le tableau de la figure 12.

A noter dans ce tableau :

- la valeur  $U_{imp}$  doit être valable jusqu'à 2 000 mètres d'altitude. Les tests étant généralement réalisés au niveau de la mer, la valeur d'essai  $U_{imp}$  est majorée de 23 % ;
- un test spécifique est demandé pour les appareils dont la face avant est de classe II selon CEI 1140 (anciennement CEI 536). Cette caractéristique constructive, outre la sécurité accrue qu'elle procure aux opérateurs, permet de réaliser des équipements de classe II tout en laissant accessible la poignée de commande manuelle (cf. fig. 13). Ainsi, par exemple, tous les disjoncteurs Compact ou Masterpact (Merlin Gerin) ont une face avant de classe II.

### prise en compte de l'introduction de l'électronique dans les disjoncteurs industriels

La miniaturisation, la baisse des coûts et les possibilités nouvelles qu'offre l'électronique ont conduit récemment tous les constructeurs à remplacer en partie les déclencheurs magnétothermiques par des déclencheurs électroniques. L'apparition de cette technologie, utilisée dans des conditions d'environnement sévères (courant fort, harmoniques, températures, chocs

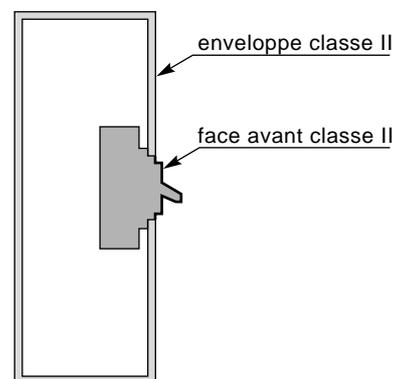


fig. 13 : équipement de classe II avec disjoncteur de classe II en face avant.

mécaniques...etc), a nécessité la publication des annexes F et J de la 947-2 qui définissent des prescriptions supplémentaires pour les disjoncteurs à protection électronique. Ils décrivent notamment différents essais de compatibilité électromagnétique (CEM) que doivent subir les appareils :

- les essais d'immunité aux :
  - harmoniques (CEI 1000 - 4.13) (voir fig. 14),
  - creux et interruptions de courant (EN 50 160),
  - variations de fréquence (EN 50 160),
  - transitoires conduites (CEI 1000 - 4.4),
  - perturbations HF -hautes fréquences- (CEI 1000 - 4.4),
  - champs électromagnétiques (CEI 1000 - 4.8.9.10),
  - perturbations électrostatiques (CEI 1000 - 4.2).

■ les essais pour la limitation des émissions rayonnées à fréquences radio.

Ils prévoient aussi des essais de chaleur sèche, chaleur humide (cf. fig. 15), variations rapides de température.

### sectionnement et protection différentielle : deux fonctions supplémentaires maintenant reconnues

Depuis de nombreuses années, certains constructeurs, dont Merlin Gerin, s'imposent des contraintes importantes pour proposer des disjoncteurs aptes au sectionnement.

De même, dans les années 60 Merlin Gerin a été le premier constructeur à proposer des disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur et d'un bloc additionnel ou « bloc Vigi » assurant la protection des personnes sur défaut d'isolement en aval.

Ces deux fonctions sont maintenant prises en compte par la CEI 947-2.

#### Disjoncteur-sectionneur

Un disjoncteur peut être déclaré « apte au sectionnement » s'il a subi avec succès toute une série de tests décrits

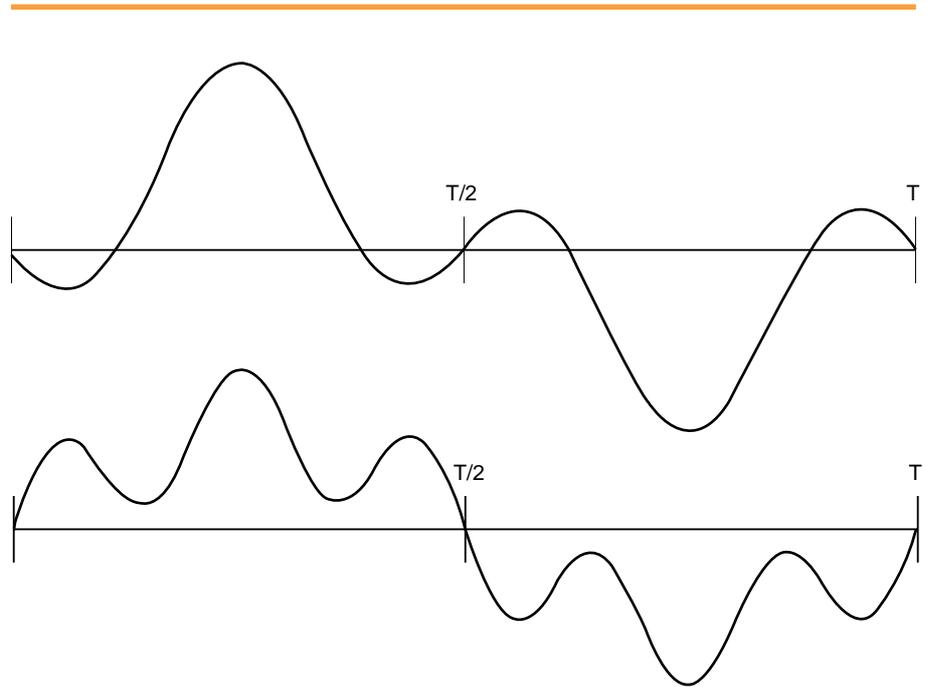


fig. 14 : formes d'ondes appliquées aux appareils pour les tests d'immunité aux harmoniques.

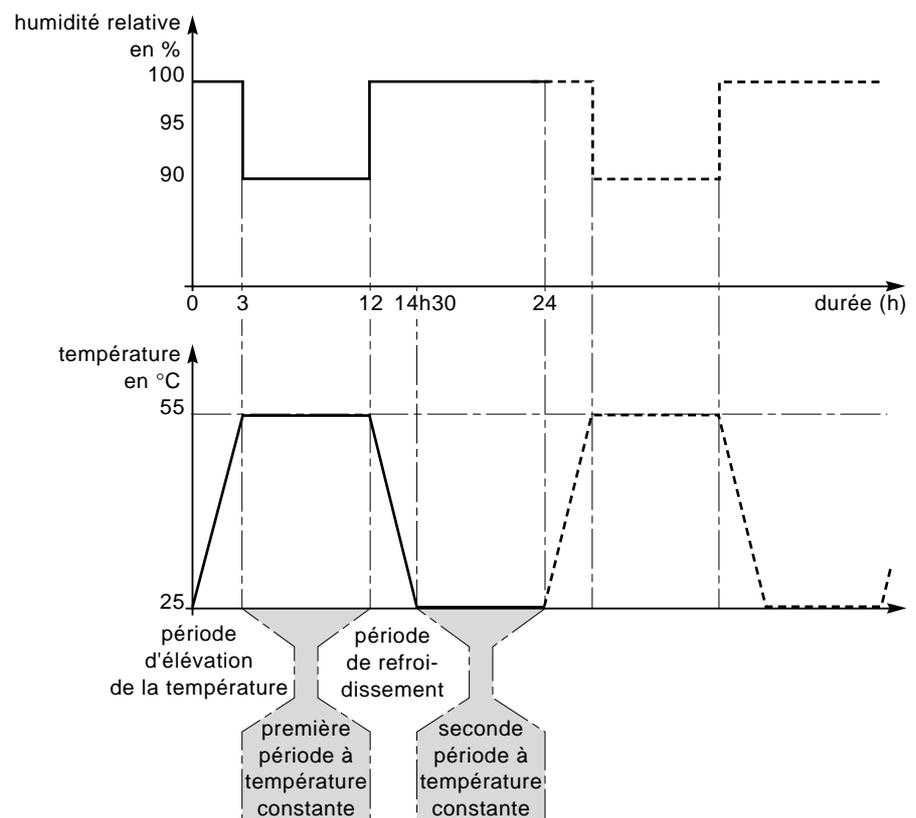


fig. 15 : cycle d'essai en chaleur humide, répété sur 28 jours consécutifs.

dans le tableau de la figure 16. Il portera alors, visible sur sa face avant, le symbole du disjoncteur-sectionneur (cf. fig. 17 et 18).

### Disjoncteurs différentiels

Cette technologie d'origine Merlin Gerin (cf. fig. 19) a été reprise par de nombreux constructeurs. Aujourd'hui le disjoncteur différentiel industriel est un appareil très répandu mais pour lequel aucune norme de construction n'existait et dont la qualité pouvait donc fortement varier d'un fabricant à l'autre.

A la demande des représentants français, et sur la base d'un projet établi par la France, la CEI 947-2 a consacré une annexe (voir annexe B) à ce type de produit.

Parmi les points importants abordés il faut noter les vérifications suivantes :

- non dégradation des unités de protection différentielle (blocs Vigì) après coupure à Icu et Ics,
- absence de déclenchement

intempestif dans les cas de :

- surintensité à 6 In,
- onde de courant 8/20  $\mu$ s,
- charge des capacités du réseau,
- fonctionnement en condition d'environnement sévère (cycle 28 jours en chaleur humide), (cf. fig. 15).

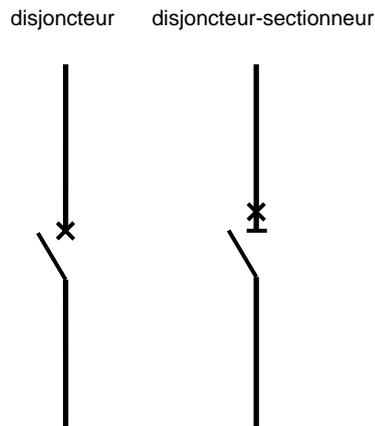


fig. 17 : symboles



fig. 18 : un disjoncteur-sectionneur Compact (Merlin Gerin).

### 1. test de mesure des courants de fuite

Il est destiné à s'assurer qu'un disjoncteur en position «ouvert» ne laisse pas passer de courant de fuite qui pourrait présenter un danger pour l'exploitant.

- quatre essais sont réalisés à 110 % de la tension maximale d'utilisation :
  - appareil neuf, le courant de fuite ne doit pas être supérieur à 0,5 mA par pôle,
  - après le test de coupure à Ics, il ne doit pas être supérieur à 2 mA par pôle,
  - après les essais d'endurance, il ne doit pas être supérieur à 2 mA par pôle,
  - après le test de coupure à Icu, il ne doit pas être supérieur à 6 mA par pôle.
- dans ce dernier cas, l'appareil est en fin de vie et on peut dire que cet essai garantit à l'utilisateur qu'un disjoncteur-sectionneur n'aura jamais de courant de fuite supérieur 6 mA (courant très faible et sans danger).

### 2. tenue renforcée aux tensions de choc

Pour un disjoncteur déclaré «non apte» au sectionnement, l'essai consiste à appliquer une tension de choc  $U_{imp}$  entre phases, puis entre phases et masse de l'appareil.

Pour un disjoncteur déclaré «apte» au sectionnement, un troisième essai est réalisé entre les entrées et les sorties de l'appareil en position «ouvert», avec une tension de choc plus élevée (cf. fig. 12). Ainsi pour un appareil déclaré «apte au sectionnement» et donné avec  $U_{imp} = 8$  kV l'essai de tension de choc au niveau de la mer entre entrée et sortie de l'appareil ouvert sera réalisé à 12,3 kV au lieu de 9,8 kV.

### 3. test de robustesse mécanique

Cet essai souvent appelé «test contacts soudés» consiste à maintenir un contact fermé et à appliquer un effort égal à trois fois l'effort normal sur l'organe de manœuvre pendant 10 s. Au cours de cet essai, l'indicateur de position ne doit pas indiquer «ouvert» et aucun dispositif de cadenassage ne doit pouvoir être mis en place.

fig. 16 : les trois tests d'aptitude d'un disjoncteur au sectionnement.



fig. 19 : Vigicomact, disjoncteur différentiel industriel (Merlin Gerin).

### 3. un standard d'essais qui colle à la réalité

La vie d'un disjoncteur dans une installation électrique est émaillée d'un certain nombre d'évènements tels que :

- ouverture/fermeture manuelle (ou à distance avec commande électrique), à vide, sous courant  $\leq I_n$ , ou plus exceptionnellement en surcharge,
- déclenchement par bobine à manque de tension ou émission de courant,
- surtensions de choc (atmosphériques ou de manœuvre),

- déclenchement en surcharge,
- déclenchement exceptionnel sur court-circuit ou défaut d'isolement,
- cadencement en position «ouvert» pour intervention sur le circuit...

Il est donc normal qu'un standard d'essais concernant des appareils de protection comme les disjoncteurs, non seulement garantisse l'ensemble des performances annoncées, mais aussi simule au mieux les contraintes successives auxquelles ils peuvent être soumis en exploitation.

C'est dans ce but que les «essais de type» demandés dans la CEI 947-2 ont été regroupés en séquences et qu'ils doivent être répétés sur un nombre spécifié d'appareils.

#### des tests regroupés en séquences

Avec la CEI 157-1 chaque essai était réalisé sur un appareil n'ayant subi aucun autre test.

Désormais, avec la CEI 947-2, le même appareil est soumis à une suite d'essais cumulatifs regroupés en séquence.

Cinq séquences sont ainsi définies et chaque type de disjoncteur doit subir selon ses caractéristiques deux, trois ou quatre de ces séquences (voir le tableau de la figure 20). L'une des plus significatives est sans nul doute la séquence 1 : elle illustre bien les contraintes exceptionnelles que subissent les appareils ainsi testés.

#### un très large échantillonnage de disjoncteurs testés

Afin de balayer toutes les possibilités annoncées, les séquences précédentes sont répétées sur plusieurs disjoncteurs du même type mais avec des configurations différentes (cf. fig. 21) :

- en tripolaire et tétrapolaire,
- équipés de déclencheurs différents,
- à des tensions différentes,
- avec des réglages différents,
- en alimentation amont et aval si le disjoncteur est déclaré apte,
- sans et avec protection différentielle si elle est prévue, etc.

Ainsi les procès verbaux d'homologation couvrent l'ensemble des performances annoncées et garantissent à l'utilisateur que l'appareil remplira correctement sa fonction, quels que soient :

- les caractéristiques du réseau,
- l'équipement du disjoncteur,
- les réglages effectués.

#### ■ Echantillon 1 :

Test  $I_{cs} = 100 \text{ kA}$  sous  $U_e$  mini 240 V sur un appareil équipé du déclencheur de plus gros calibre TM 160 D réglé au maximum soit 160 A. Alimentation amont.

#### ■ Echantillon 2 :

Même essai avec appareil équipé du déclencheur de plus petit calibre TM 16 D réglé au minimum soit 12,5 A. Alimentation amont.

#### ■ Echantillon 3 :

Test  $I_{cs} = 70 \text{ kA}$  sous  $U_e$  intermédiaire 415 V sur un appareil équipé du déclencheur de plus gros calibre TM 160 D réglé au maximum soit 160 A. Alimentation amont.

#### ■ Echantillon 4 :

Test  $I_{cs} = 10 \text{ kA}$  sous  $U_e$  max 690V sur un appareil équipé du déclencheur de plus gros calibre TM 160 D réglé au maxi soit 160 A. Alimentation aval.

#### ■ Echantillons : 5, 6, 7, 8

Idem échantillons 1, 2, 3, 4 mais avec un dispositif de protection à courant différentiel résiduel bloc Vigi associé au disjoncteur.

*fig. 21 : la séquence d'essai du pouvoir de coupure de service  $I_{cs}$ , appliquée à un disjoncteur Vigicompact NS 160H par exemple, elle doit être répétée sur 8 appareils.*

Séquences d'essais	Type de disjoncteur				Essais à réaliser successivement sur un même disjoncteur	Essais supplémentaires pour disjoncteurs déclarés aptes au sectionnement
	Cat. A	Cat. B				
		I <sub>cw</sub> < I <sub>cs</sub>	I <sub>cw</sub> = I <sub>cs</sub>	I <sub>cw</sub> = I <sub>cs</sub> = I <sub>cu</sub>		
<b>Séquence 1</b> Caractéristiques générales de fonctionnement	X	X	X	X	1. vérification des seuils de déclenchement 2. propriétés diélectriques, test : U <sub>imp</sub> entre phases U <sub>imp</sub> entre phase/masse U <sub>imp</sub> entre entrée/Sortie terminals  3. endurance mécanique 4. endurance électrique 5. fonctionnement en surcharge à 6 I <sub>n</sub> 6. tenue diélectrique à 2 U <sub>i</sub> (50 Hz - 1 mm)  7. échauffement sous I <sub>n</sub> 8. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. propriétés diélectriques idem idem U <sub>imp</sub> + 25 % entre E/S + test courant de fuite (≤ 0,5 mA par pôle sous 110 % U <sub>e</sub> ) 3. idem 4. idem 5. idem 6. idem + test courant de fuite (≤ 2 mA par pôle sous 110 % U <sub>e</sub> ) 7. idem 8. idem
<b>Séquence 2</b> Performances de coupure en service I <sub>cs</sub>	X	X			1. trois coupures successives du courant I <sub>cs</sub> selon le cycle O - 3 mm - FO - 3 mm - FO 2. vérification de l'aptitude au fonctionnement (5% de l'endurance électrique) 3. tenue diélectrique à 2 U <sub>i</sub> (50 Hz - 1 mm)  4. échauffement sous I <sub>n</sub> 5. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem  2. idem  3. idem + test courant de fuite (≤ 2 mA par pôle sous 110 % U <sub>e</sub> ) 4. idem 5. idem
<b>Séquence 3</b> Pouvoir de coupure ultime I <sub>cu</sub>	X (1)	X (1)	X (1)		1. vérification des déclencheurs de surcharge à 2 I <sub>r</sub> 2. deux coupures successives du courant I <sub>cu</sub> selon le cycle O - 3 mm - FO 3. tenue diélectrique à 2 U <sub>e</sub> (50 Hz, 1 mm)  4. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem  3. idem + test courant de fuite (≤ 6 mA par pôle sous 110 % U <sub>e</sub> ) 4. idem
<b>Séquence 4</b> Courant assigné de courte durée admissible I <sub>cw</sub>		X			1. vérification des déclencheurs de surcharge à 2 I <sub>r</sub> 2. essai de tenue de l'appareil au courant assigné de courte durée admissible pendant le temps indiqué par le constructeur 3. échauffement sous I <sub>n</sub> 4. deux coupures successives sous la tension max du courant I <sub>cw</sub> le cycle O - 3 mm - FO 5. tenue diélectrique à 2 U <sub>i</sub> (50 Hz, 1 mm) 6. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem  3. idem 4. idem  5. idem 6. idem
<b>Séquence d'essais combinés</b>			X	X	1. vérification des déclencheurs de surcharge à 2 I <sub>r</sub> 2. essai de tenue de l'appareil au courant assigné de courte durée admissible pendant le temps indiqué par le constructeur 3. trois coupures successives du courant I <sub>cs</sub> selon le cycle O - 3 mm - FO - 3 mm - FO 4. vérification de l'aptitude au fonctionnement (5% de l'endurance électrique) 5. tenue diélectrique à 2 U <sub>i</sub> (50 Hz, 1 mm)  6. échauffement sous I <sub>n</sub> 7. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem  3. idem  4. idem  5. idem + test de courant de fuite (≤ 2 mA/pôle sous 110 % U <sub>e</sub> ) 6. idem 7. idem

(1) si I<sub>cu</sub> = I<sub>cs</sub> cette séquence n'est pas nécessaire.

fig. 20 : les tests regroupés en séquence selon la norme CEI 947-2.

## 4. des conséquences pratiques pour le concepteur d'installation

### les critères fondamentaux de choix d'un disjoncteur sont inchangés

Pour définir le disjoncteur à installer en un point d'une installation électrique, la connaissance des deux paramètres suivants est indispensable :

- le courant à véhiculer  $I_B$  ;
- la valeur du courant de court-circuit triphasé ( $I_{cc}$  présumé) au point d'installation :

Le choix du disjoncteur est effectué comme toujours en comparant son intensité de réglage  $I_r$  avec  $I_B$ , et son pouvoir de coupure  $I_{cu}$  avec  $I_{cc}$  présumé (cf. fig. 22). Ces deux règles de base se retrouvent dans la norme d'installation NF C 15-100 et demeurent inchangées.

### utilité de la « performance de coupure de service » $I_{cs}$

Pour les raisons développées au chapitre 2, la CEI 947-2 a défini la nouvelle caractéristique  $I_{cs}$ , performance de coupure en service, qui traduit l'aptitude d'un appareil à assurer un service tout à fait normal, après coupure d'un court-circuit de valeur « probable ».

Bien qu'il n'y ait encore aucune règle dans les normes d'installation (CEI 364 ou NF C 15-100) correspondant à l'utilisation de la performance  $I_{cs}$ , il est important et prudent, pour bénéficier d'une continuité de service optimale, de choisir un appareil dont la performance

$I_{cs}$  est telle que :  $I_{cs} \geq I_{cc}$  probable.

#### a) disjoncteurs installés près des sources de puissance :

Ce sont les appareils installés en arrivée générale, en couplage de tableau, ou en départ de TGBT, qui du fait de leur proximité avec les transformateurs, doivent assurer la protection contre des défauts peu impédants. En effet les défauts monophasés ph/N ou ph/PE sont du même ordre de grandeur que les  $I_{cc}$  triphasés du fait :

- des impédances homopolaires faibles des sources,
- des résistances de connexion qui sont réduites,
- de l'impédance de liaison entre source et appareil qui est faible.

Dans ces conditions, les courants de court-circuit probables sont proches de la valeur théorique  $I_{cc}$  présumée (voir exemple de calcul en annexe 3).

Il est donc important de choisir des appareils dont la performance  $I_{cs}$  est proche ou égale à  $I_{cu}$ .

Les gammes Masterpact et Compact NS (Merlin Gerin), prévus pour être utilisés à ce niveau de la distribution, ont donc logiquement un  $I_{cs} = 100\% I_{cu}$ .

#### b) disjoncteurs de plus petit calibre utilisés loin des sources :

Ces appareils, généralement installés en tableaux divisionnaires, protègent les câbles de liaison entre tableaux ou, entre tableaux et récepteurs.

Dans ce cas, les court-circuits probables sont fortement atténués car lorsqu'ils surviennent, ils sont presque toujours monophasés ou biphasés, et situés à l'extrémité des canalisations protégées.

Leur valeur peut être estimée comme étant au maximum égale à 80 % de l' $I_{cc}$  biphasé calculé en bout de canalisation.

Les calculs montrent que le courant de court-circuit probable est dans la quasi totalité des cas inférieur à 50 % de l' $I_{cc}$  présumé (voir annexe 3).

Sans que ce soit une règle d'installation du strict point de vue des normes, utiliser dans ce cas des disjoncteurs dont l' $I_{cs}$  est  $\geq 50\%$  est une sage précaution pour la longévité de l'installation.

Tous les appareils de la gamme Multi 9 (Merlin Gerin) sont généralement utilisés à ce niveau de la distribution, ils ont une performance de coupure de service au moins égale à 50 %  $I_{cu}$ .

### deux appareils en un : le disjoncteur-sectionneur

Parmi les qualités demandées à une installation électrique, il en est une qui revêt une importance capitale pour l'exploitant, c'est la possibilité pour effectuer une intervention, de ne consigner que le strict minimum de l'installation. Pour rappel : consigner = sectionner + verrouiller en position « sectionné » (par cadenas ou serrure) + vérifier l'absence de tension au point d'intervention. La solution la plus souple est bien entendu de pouvoir disposer de dispositifs de sectionnement / consignation à tous les étages de la distribution. Une réponse pratique, et sans aucune plus value, est apportée par les disjoncteurs-sectionneurs.

C'est pourquoi tous les disjoncteurs industriels Compact et Masterpact (Merlin Gerin), sont des disjoncteurs-sectionneurs cadenassables (cf. fig 23), et/ou verrouillables par serrure (cf. fig. 24).

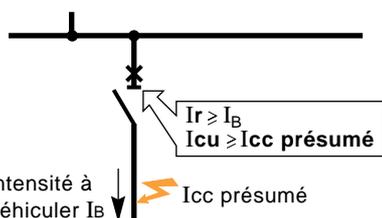


fig 22 : paramètre servant de base au choix d'un disjoncteur de protection d'un départ.



fig. 23 : dispositif de cadenassage sur un disjoncteur Compact (Merlin Gerin).



fig 24 : dispositifs de verrouillage sur un disjoncteur Masterpact (Merlin Gerin).

### une assurance tous risques : la conformité à la CEI 947-2

La conformité d'un disjoncteur à la CEI 947-2, ou aux normes nationales qui en sont dérivées, constitue pour le concepteur d'installations électriques la meilleure assurance de qualité et de non dégradation dans le temps des réseaux électriques BT.

Cette assurance est le résultat, non seulement de la prise en compte par les normes de progrès technologiques accomplis par les principaux grands constructeurs, mais aussi d'un standard d'essais très complet et très proche des conditions réelles d'exploitation.

La conformité à la CEI 947-2 est vérifiée par des laboratoires accrédités. Elle est certifiée par des organismes tels que l'ASEFA en France, et le LOVAG au niveau européen dans le cadre d'un accord international de Reconnaissance Mutuelle.

La figure 25 donne un exemple de certificat de conformité.

A noter que les disjoncteurs destinés à la distribution terminale, notamment dans le domaine domestique, doivent être conformes à la norme CEI 898 ; mais pour une utilisation dans des installations industrielles certains d'entre eux sont régis par la norme CEI 947-2 (voir annexe 4).

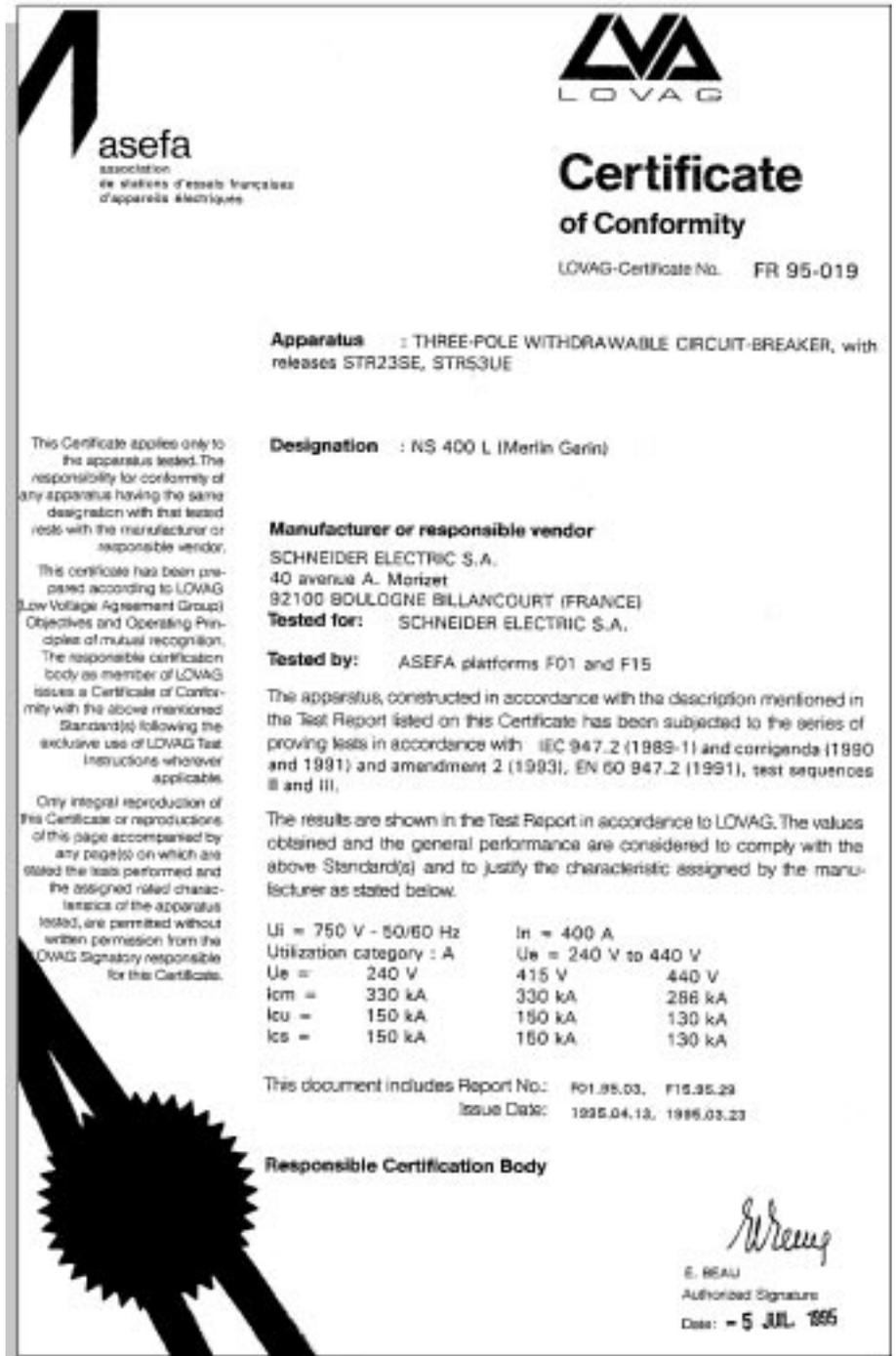
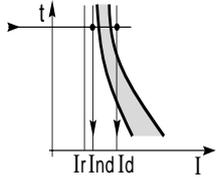


fig. 25 : exemple d'un certificat de conformité délivré par l'ASEFA.

# annexe 1 : principales différences entre les normes CEI 157-1 et CEI 947-2

CEI 157-1	CEI 947-2 (édition 1995 et amendement 1997)	Commentaires
Pouvoir de coupure cycle P1.	Pouvoir de coupure ultime $I_{cu}$ (séquence 3).	Caractéristique équivalente.
Pouvoir de coupure cycle P2.	Performance de coupure de service $I_{cs}$ (séquence 2).	La nouvelle caractéristique $I_{cs}$ est obligatoire et plus sévère que le cycle P2 de la CEI 157-1, car ses tests sont suivis (après coupure) d'un contrôle de fonctionnement sous $I_n$ .
Chaque essai est effectué sur un appareil neuf (fonctionnement, durances, surcharges, pouvoir de coupure).	Les essais sont regroupés en séquence.	Beaucoup plus contraignante du fait de l'accumulation des essais sur un même appareil mais beaucoup plus proche des conditions réelles d'exploitation.
Vérification (les 3 pôles chargés) des deux asymptotes : $I_{nd} = 1,05 I_r$ $I_d = 1,35 I_r$ ( $\leq 63$ A) ou $I_d = 1,25 I_r$ ( $> 63$ A)	Vérification (les 3 pôles chargés) des deux asymptotes : $I_{nd} = 1,05 I_r$ $I_d = 1,30 I_r$	avec : $I = 1$ h ( $\leq 63$ A) ou $I = 2$ h ( $> 63$ A) 
Pas d'autre vérification des déclencheurs de surcharge.	Vérification des déclenchements : ■ pôle par pôle (séquences 3.4.5) ; ■ tous pôles chargés (séquence 2).	Meilleure sûreté de fonctionnement des déclencheurs.
Néant.	Définition des essais d'aptitude au sectionnement avec le symbole associé : 	Le disjoncteur-sectionneur est reconnu par les normes d'installation pour assurer la fonction de sectionnement.
Néant.	Tests aux ondes de tension de choc. Caractéristiques $U_{imp}$ .	Permet la coordination de l'isolement des installations.
Coordination entre disjoncteur et fusible seulement	Comporte une annexe coordination.	Prise en compte de 2 disjoncteurs en série.
Néant.	Annexe B, consacrée aux disjoncteurs équipés d'une protection différentielle.	C'est la normalisation des disjoncteurs différentiels industriels.
Néant.	Annexe F, consacrée aux disjoncteurs équipés de déclencheurs électroniques.	Définit les essais supplémentaires spécifiques au bon fonctionnement des déclencheurs électroniques.
Néant.	Annexe G, consacrée à la mesure des puissances dissipées par un disjoncteur.	Normalise la manière de mesurer les puissances dissipées.
Néant.	Annexe H, décrit la séquence d'essai pour disjoncteur utilisable en schéma IT.	Garantit à l'utilisateur qu'un appareil peut être installé en schéma IT sans autre vérification.

## annexe 2 : définitions et symboles selon CEI 947-2

### Définitions relatives aux tensions

**U<sub>e</sub>** : tension(s) assignée(s) de service.

**U<sub>i</sub>** : tension assignée d'isolement (> à U<sub>e</sub> max).

**U<sub>imp</sub>** : tension assignée de tenue aux chocs.

### Définitions relatives aux courants

**I<sub>B</sub>** : courant d'emploi du circuit, suivant NF C 15-100, § 433-2.

**I<sub>cc</sub>** : courant de court-circuit en un point donné d'une installation.

**I<sub>cm</sub>** : pouvoir assigné de fermeture en court-circuit.

**I<sub>cs</sub>** : pouvoir assigné de coupure de service, (exprimé généralement en % de I<sub>cu</sub>).

**I<sub>cu</sub>** : pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit (exprimé en kA).

**I<sub>cw</sub>** : courant assigné de courte durée admissible.

**I $\Delta$ n** : courant différentiel de fonctionnement assigné (souvent appelé sensibilité du différentiel).

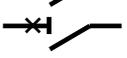
**I<sub>n</sub>** : courant assigné = valeur maximale du courant à utiliser pour les essais d'échauffement (par exemple, pour un

disjoncteur Compact NS250 : I<sub>n</sub> = 250 A).

**I<sub>s</sub>** : courant limite de sélectivité.

### Définitions et symboles divers

 symbole du disjoncteur.

 symbole du disjoncteur-sectionneur.

**Cat A** : catégorie des disjoncteurs non retardés à l'ouverture en conditions de court-circuit.

**Cat B** : catégorie des disjoncteurs retardés à l'ouverture en conditions de court-circuit (I<sub>cc</sub> ≤ I<sub>cw</sub>).

## annexe 3 : exemples de calcul d'Icc probables

1/ en aval d'un disjoncteur installé dans un TGBT (cf. fig. n°26)

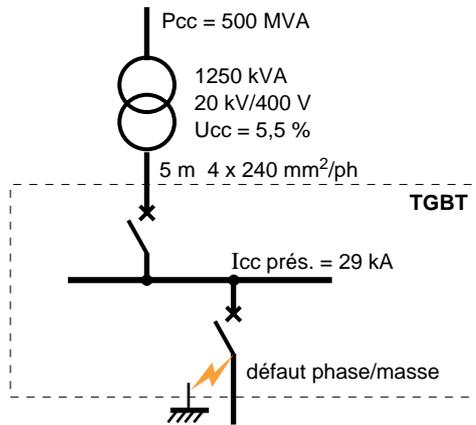


fig. 26

	Calcul de l'Icc présumé maximal (Court-circuit triphasé au point d'installation du disjoncteur)	Calcul de l'Icc le plus probable (Court-circuit phase / masse avec un arc dans le TGBT)
impédance amont	$Z_a \approx X_a \approx \frac{400^2}{P_{cc}} = 0,32 \text{ m}\Omega$	$Z_a \approx X_a \approx \frac{400^2}{P_{cc}} = 0,32 \text{ m}\Omega$
impédance du transformateur	$Z_t = Z_d = \frac{400^2}{P_n} \times U_{cc}$ $Z_t = 7,04 \text{ m}\Omega$ avec $Z_t \approx X_t$	$Z_t = \frac{1}{3} (Z_d + Z_i + Z_h)^*$ $Z_t = \frac{2,4}{3} Z_d = 5,63 \text{ m}\Omega$ avec $Z_t \approx X_t$
impédance du câble de liaison transformateur-TGBT + impédance du jeu de barres ( $\approx 5 \text{ m}$ )	$R_{ph} = 22,5 \times \frac{10}{4 \times 240} = 0,234 \text{ m}\Omega$ $X_{ph} = 10 \times \frac{0,1}{4} = 0,25 \text{ m}\Omega$	$R_{ph} = 0,234 \text{ m}\Omega$ $X_{ph} = 0,25 \text{ m}\Omega$ $R_{PE} = 0,468 \text{ m}\Omega$ $X_{PE} = 0,25 \text{ m}\Omega$ (section du PE = 1/2 section des phases)
	$I_{cc \text{ prés.}} = \frac{230}{\sqrt{(0,32 + 7,04 + 0,25)^2 + (0,234)^2}}$ $I_{cc \text{ prés.}} = 30,2 \text{ kA}$	$I_{cc \text{ prob.}} = \frac{230 \times 0,8}{\sqrt{(0,32 + 5,63 + 0,25 + 0,25)^2 + (0,234 + 0,468)^2}}$ $I_{cc \text{ prob.}} = 28,4 \text{ kA}$ (l'arc est pris en compte par le coefficient 0,8)
<b>conclusion :</b>	L'Icc probable est très proche de l'Icc présumé, il est donc prudent d'installer un appareil ayant un Ics égal à 100 % de Icu, tel un disjoncteur NS160N (Merlin Gerin)	

2/ en aval d'un disjoncteur installé en tableau divisionnaire (cf. fig. n°27)

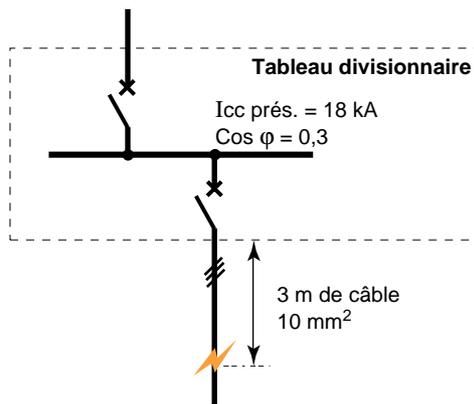


fig. 27

**Calcul de l'Icc probable**

(Court-circuit biphasé avec un arc situé au moins à 3 m du tableau)

impédance amont	$Z_a = \frac{230}{18 \cdot 10^3} = 12,78 \text{ m}\Omega$ $R_a = 12,78 \times 0,3 = 3,83 \text{ m}\Omega$ $X_a = 12,19 \text{ m}\Omega$
impédance du câble	$R_{ph} = \frac{22,5 \times 3}{10} = 6,75 \text{ m}\Omega$ $X_{ph} = 3 \times 0,08 = 0,24 \text{ m}\Omega$
impédance des connexions	$R = 4 \text{ m}\Omega$ $X : \epsilon$
impédance totale par phase	$\sum R = 14,58 \text{ m}\Omega$ $\sum X = 12,43 \text{ m}\Omega$ $Z_t = \sqrt{(14,58)^2 + (12,43)^2} = 19,16 \text{ m}\Omega$ $I_{cc \text{ prob.}} = 0,8 \times \frac{230 \times \sqrt{3}}{2 \times 19,16}$ $I_{cc \text{ prob.}} = 8,3 \text{ kA}$ <p>(l'arc est pris en compte par le coefficient 0,8)</p>
<b>conclusion :</b>	L'Icc probable est inférieur à 50 % de l'Icc présumé (18 kA), il est alors normal d'installer un appareil ayant un Ics à 50 % de Icu tel un disjoncteur C60L (Merlin Gerin).

## annexe 4 : la norme CEI 898 pour les disjoncteurs domestiques

Les disjoncteurs industriels répondant à la norme CEI 947-2 sont choisis, installés et utilisés par des professionnels avertis.

Il n'en va pas toujours de même avec les disjoncteurs de la distribution terminale, particulièrement en ce qui concerne leur utilisation dans le domaine du domestique (usagers «non avertis») d'où la norme CEI 898.

C'est pourquoi les disjoncteurs «CEI 898» sont plus simples à mettre en œuvre (par exemple ils n'ont pas de seuil réglable) tout en garantissant un haut niveau de sécurité. Leur utilisation par des professionnels fait qu'ils sont aussi, pour certains d'entre eux, régis par la norme CEI 947-2.

La CEI 898 date de 1987. Elle a été transcrite en norme européenne mi 1990. Depuis, dans les pays membres du CENELEC, sont sorties les normes nationales harmonisées avec la norme européenne (EN 60 898).

Des différences notables existent entre la norme CEI 947-2 et la norme EN 60 898. Il est intéressant de les connaître car les petits disjoncteurs sont fréquemment utilisés dans la distribution terminale industrielle.

	CEI 947-2	EN 60 898
Tension Un (V)	< 1000	< 440
Courant	(1)	In ≤ 125 A
Déclencheur thermique	1,05 à 1,03 In	1,13 à 1,45 In
Déclencheur magnétique	(2)	«courbes B-C-D»
Pouvoirs de coupure	Icu	Icn (3)
Performance de service	Ics	Ics (3)
Sectionnement	oui	à l'étude

### (1)

La CEI 947-2 ne prévoit pas de limite inférieure ou supérieure. Les disjoncteurs «947-2» sont utilisés dans la plage de «quelques ampères à quelques milliers d'ampères».

■ la norme EN 60 898 définit les calibres (courant assigné : In) : 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 100 et 125 A

### (2)

■ la CEI 947-2 ne fixe pas de plage de fonctionnement et laisse le constructeur préciser le seuil de déclenchement magnétique qui doit ensuite rester dans la plage ± 20 %.

Pour les disjoncteurs Compact Merlin Gerin ayant des calibres supérieurs à 250 A, les seuils magnétiques sont :

- type G réglable de 2 à 5 Irth,
- type D réglable de 5 à 10 Irth,
- type MA réglable de 6,3 à 12,5 Irth.

■ la norme EN 60 898 introduit de nouvelles courbes en remplacement des courbes habituellement utilisées («courbes» L, U, D) :

- courbe B : 3 à 5 In (2,6 à 3,85 pour L),
- courbe C : 5 à 10 In (3,85 à 8,8 pour U),
- courbe D : 10 à 20 In (10 à 14 pour D et MA).

### (3)

■ la CEI 947-2 prévoit un «pouvoir de coupure ultime» correspondant à un essai O-FO et un «pouvoir de coupure de service» dont la valeur, pourcentage de Icu, est fixée par le constructeur et correspond à un essai O-FO-FO (cf. tableau 1 de la figure 4).

■ la norme EN 60 898 prévoit un pouvoir de coupure assigné Icn correspondant à un essai O-FO et une performance de service dont la valeur, pourcentage de Icn, est fixée par la norme et correspond à un essai O-FO-FO pour :

- Icn < 6 kA Ics = Icn
- Icn > 6 kA Ics = 0,75 Icn (mini 6 kA)
- Icn < 10 kA Ics = 0,75 Icn (mini 6 kA)
- Icn > 10 kA Ics = 0,5 Icn (mini 7,5 kA)

Par ailleurs cette norme limite son domaine d'application aux disjoncteurs ayant un PdC ≤ 25 kA ; or un courant de court-circuit de cet ordre est peu probable dans une installation domestique ou similaire (tertiaire).