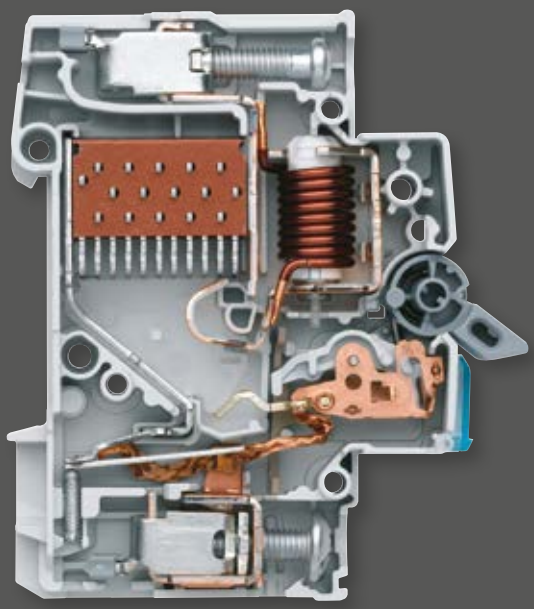
Manuel technique

Principes de protection



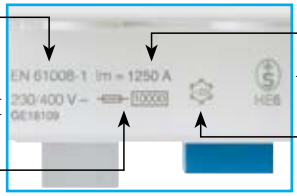
:hager

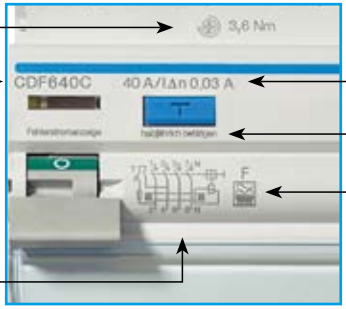
		page
1	**Interrupteurs différentiels**	**2**
1.1	Aperçu	4
1.2	Types de détection des courants de défaut	8
1.3	Fonctionnement	11
1.4	Dimensionnement / Planification	13
1.5	Références normatives	21
1.6	Systèmes de montage	24
1.7	Déclenchement intempestif	25
2	**Disjoncteurs**	**26**
2.1	Aperçu	28
2.2	Fonctionnement	30
2.3	Caractéristique de déclenchement	32
2.4	Dimensionnement / Planification	35
2.5	Références normatives	41
2.6	Systèmes de montage	42
3	**Détecteur d’arcs dangereux AFDD**	**44**
3.1	Aperçu	46
3.2	Fonctionnement	48
3.3	Dimensionnement et planification	49
3.4	Mesures et contrôle de fonctionnement	51
3.5	Références normatives	52
3.6	Systèmes de montage	53
4	**Cartouches-fusibles HPC**	**54**
4.1	Aperçu	56
4.2	Fonctionnement	57
4.3	Caractéristique de déclenchement	57
4.4	Dimensionnement / Planification	60
4.5	Références normatives	60
4.6	Systèmes de montage	61
5	**Filiation (protection back-up) / Sélectivité**	**62**
5.1	Aperçu	64
5.2	Filiation (protection back-up)	65
5.3	Sélectivité	67
5.4	Concept de sélectivité	74

Interrupteurs différentiels

		page
1	**Interrupteurs différentiels**	**2**
1.1	Aperçu	4
1.2	Types de détection des courants de défaut	8
1.3	Fonctionnement	11
1.4	Dimensionnement / Planification	13
1.5	Références normatives	21
1.6	Systèmes de montage	24
1.7	Déclenchement intempestif	25

1.1 Aperçu





Les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (RCD) sont utilisés pour la protection des personnes et des animaux contre les contacts accidentels directs ou indirects. Les RCD offrent par ailleurs une protection contre la destruction de matériels ou contre les incendies pouvant être provoqués par des défauts d'isolement.

Termes

RCD	residual current operated device	Dispositif de protection à courant différentiel résiduel
RCCB	residual current operated circuit-breaker	Interrupteur différentiel
RCBO	residual current operated circuit-breaker with overcurrent protection	Interrupteur différentiel avec protection de surintensité intégrée ou disjoncteur différentiel FI-LS
CBR	circuit-breaker residual current operated device	Disjoncteur de puissance avec protection différentielle
RCU	residual current unit	Bloc différentiel
SRCD	socket outlet RCD	Dispositif différentiel résiduel fixe sous forme de prise de courant

	Type A	Type A HI
Description	Saisit les courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et les courants différentiels continus pulsés.	Saisit les courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et les courants différentiels continus, en plus déclenchement retardé + immunité renforcée « HI » (High immunity).
Courant assigné I_n	16 A à 125 A	25 A à 125 A
Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$	10 mA, 30 mA, 300 mA (plus versions sélectives)	30 mA, 300 mA (plus versions sélectives)
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	10 kA (16 A à 125 A) 6 kA (25 A à 63 A)	10 kA (25 A à 125 A) 6 kA (40 A, 63 A)

	Type F
Description	Saisit les courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et les courants différentiels continus pulsés ainsi que les courants différentiels de fréquences mixtes jusqu'à 1 kHz.
Courant assigné I_n	25 A à 63 A
Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$	30 mA
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	10 kA

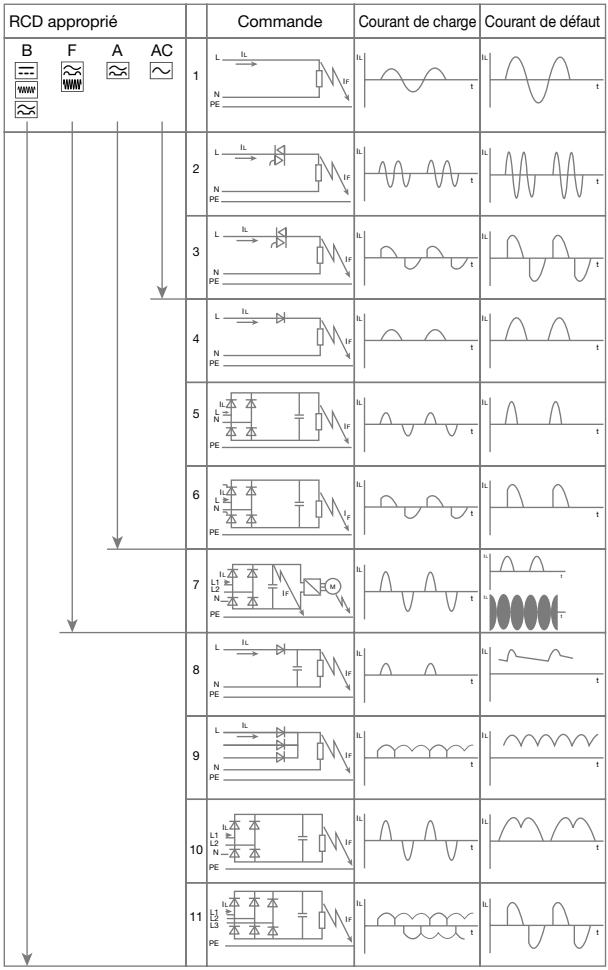
	Type B	Type B+ hfq
Description	Saisit les courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et les courants différentiels continus pulsés ainsi que les courants différentiels continus lisses (sensible tous courants).	En plus du type B sensible tous courants, le type B+ hfq répond à des exigences de protection incendie accrues jusqu'à 100 kHz.
Courant assigné I_n	16 A à 63 A	16 A à 63 A
Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$	30 mA, 300 mA	30 mA, 300 mA
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	10 kA	10 kA

	Type B EV
Description	L'interrupteur différentiel type B EV (EV = electric vehicle) est spécialement conçu pour les bornes de charge de véhicules électriques (EVCS).
Courant assigné I_n	25 A à 63 A
Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$	30 mA
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	10 kA

1.2 Types de détection des courants de défaut

En raison des différentes charges, il existe divers types de courants de défaut et courants de fuite. Il faut donc déterminer le type de RCD à l'aide du consommateur.

Attention :	Si des équipements électroniques polyphasés (p. ex. convertisseurs de fréquence, bornes de charge, etc.), installés sur le côté charge d'un RCD, peuvent générer des courants de défaut continus, il faut alors installer un RCD type B. En présence de courants de défaut continus, le RCD type A risque de devenir « aveugle » et de ne plus déclencher.



Aperçu des courants de défaut et des types RCD appropriés (NIBT 2020, extrait de 5.3.1 tableau 1)

Remarque :
Les dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel (RCD) du type AC sont interdits en Suisse.

Type A
Le RCD type A convient pour des circuits électriques généraux avec des prises de courant et des consommateurs simples.
Comme le montre l'aperçu des courants de défaut, les redresseurs à simple alternance, avec un condensateur pour le lissage de la tension, sont les seuls consommateurs monophasés dont la protection par un RCD type A est interdite. À la seule exception du redresseur indiqué ci-dessus, le courant de défaut sur tous les consommateurs monophasés peut être coupé à l'aide d'un RCD type A. Des déclenchements intempestifs peuvent néanmoins se produire en exploitation normale. Dans ce cas, il est possible d'utiliser un type HI, Typ F ou Typ B.

Type A HI
Le RCD type A HI a une immunité renforcée et un déclenchement retardé. Les appareils sont ainsi protégés contre un déclenchement par l'apparition de courants de défaut pulsés. Les courants de défaut pulsés peuvent survenir suite à des opérations de commutation, en présence d'une surtension brève causée par une décharge atmosphérique ou bien par des équipements avec une capacité par rapport à la terre.

Domaines d'application :
- Câbles longs ou blindés
- Bâtiments administratifs
- Éclairages fluorescents
- Bâtiments protégés, p. ex. hôpitaux
- Équipements de laboratoire
- Alimentations de secours

Type F
Le RCD type F comporte la fonction HI du type A et détecte en plus les courants différentiels de fréquences mixtes qui suivent la fréquence du réseau de 50 Hz jusqu'à une limite de 1 kHz. Ces fréquences mixtes sont générées par des convertisseurs de fréquence monophasés, p. ex. lors du réglage de vitesse de moteurs à courant alternatif. Dans le cas d'un courant différentiel, c.-à-d. d'un courant de fuite à la terre, l'interrupteur différentiel type F coupe le circuit.

Domaines d'application possibles :
- Machines à laver
- Pompe de chauffage
- Pompe à chaleur
- Climatiseurs

Type B
Le RCD type B peut détecter et couper des courants de défaut continus lisses et des courants de défaut alternatifs jusqu'à 100 kHz. Il convient pour des équipements électroniques.

Domaines d'application :
- Convertisseur de fréquence
- Installation ASI
- Bloc d'alimentation secteur
- Convertisseur de puissance à haute fréquence
- Appareils médicaux

Type B EV
Le RCD type B EV (EV = electric vehicle) est spécialement conçu pour les bornes de charge de véhicules électriques (EVCS). Pour tous les types de courants de défaut qui peuvent être générés par la borne de charge/le véhicule électrique.

Aide de sélection du type d'interrupteur différentiel

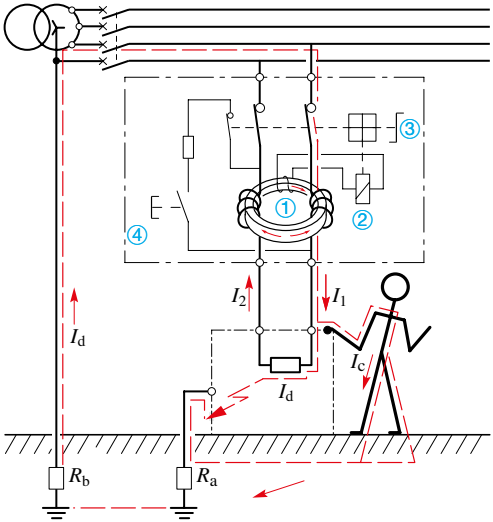
Lors de la sélection, veillez à respecter les prescriptions des fabricants de terminaux ainsi que les normes en vigueur.

<table>
<tr><td colspan="6">Utilisation dans des installations qui pourraient générer des courants différentiels continus lisses ?
Exemple :
• Convertisseurs de fréquence polyphasés
• Bornes de charge EV
• Filtres CEM
• Installations PV avec onduleur sans séparation de protection
• Installations de soudage</td></tr>
<tr><th colspan="3">Non</th><th colspan="3">Oui</th></tr>
<tr><td colspan="3">Installations avec des convertisseurs de fréquence alimentés en monophasé ?
Exemple :
• Machine à laver
• Pompe de chauffage ou pompe à chaleur
• Climatiseurs</td><td colspan="3">S'agit-il d'un dispositif de charge pour véhicules électriques ?</td></tr>
<tr><th>Oui</th><th colspan="2">Non</th><th colspan="2">Oui</th><th>Non</th></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">Le dispositif de charge exige-t-il un FI sensible tous courants ?</td><td colspan="2">S'agit-il d'un local d'exploitation présentant un risque d'incendie ?</td></tr>
<tr><td>Non</td><td>Oui</td><td>Non</td><td>Oui</td></tr>
<tr><td colspan="2">Disponibilité accrue requise ?
Exemple :
• Câbles longs ou blindés
• Éclairage FL ou LED
• Fréquence élevée des orages
• Perturbations du réseau
• Équipements avec courants parasites impulsionnels
• Réseau instable
• Alimentations de secours</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Non</td><td>Oui</td></tr>
<tr><td>Type F</td><td>Type A</td><td>Type A HI</td><td>Type B EV</td><td>Type B</td><td>Type B+ hfq</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
</table>

1.3 Fonctionnement

1.3.1 Fonction de base Interrupteur différentiel

Les éléments essentiels d'un interrupteur différentiel RCCB sont les suivants :
① Transformateur d'intensité
② Bobine de déclenchement
③ Mécanisme de déclenchement
④ Dispositif d'essai



Pour le fonctionnement d'un interrupteur différentiel, les conditions suivantes doivent être remplies :

- Le point neutre du transformateur de réseau doit être mis à la terre (système TN ou TT)
- Aucune liaison entre le conducteur N et PE après l'interrupteur différentiel
- Les conducteurs PE et PEN ne doivent pas passer par le transformateur d'intensité
- Réseau AC

I_1 : Courant « d'arrivée » du consommateur
I_2 : Courant de « sortie » du consommateur
I_d : Courant de défaut
I_c : Courant corporel au contact du boîtier se trouvant sous tension
R_b :Résistance de terre du neutre
R_a :Résistance de terre du système TN

Lors d'un défaut d'isolement $I_1 = I_2 + I_d$:
Si $I_1 > I_2$ un flux magnétique est induit dans le tore, ce qui génère une tension dans l'enroulement secondaire qui déclenche le relais de coupure.

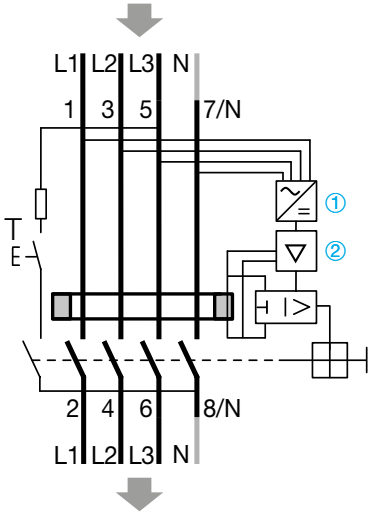
Transformateur d'intensité
Les conducteurs de phase et le conducteur neutre sont bobinés autour du transformateur d'intensité. Les champs magnétiques des différents conducteurs génèrent un flux magnétique à l'intérieur du transformateur d'intensité. Si la somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants (1re loi de Kirchhoff), le flux magnétique s'annule.

Bobine de déclenchement
Si, en cas de défaut, un courant s'écoule par la terre, il y a alors un déséquilibre dans le transformateur d'intensité et un courant est induit dans la bobine de déclenchement. Le courant induit est proportionnel au courant de défaut et entraîne la coupure du circuit principal à l'aide du relais déclencheur.

Mécanisme de déclenchement
Le mécanisme de déclenchement assure la coupure omnipolaire du circuit principal en cas de défaut. Le dispositif à déclenchement libre intégré agit dans le cas où la manette reste bloquée en position ON.

Dispositif d'essai
En appuyant sur le bouton test, un courant de défaut est généré à travers une résistance. Le circuit de courant du dispositif d'essai se trouve en dehors du transformateur d'intensité afin de pouvoir contrôler le fonctionnement de la bobine et du mécanisme de déclenchement. Le dispositif d'essai fonctionne seulement si la tension réseau est présente. L'essai est à réaliser tous les 6 mois. Dans des installations mobiles, il est recommandé d'effectuer un essai tous les jours ouvrables.

1.3.2 Fonction type F



Un interrupteur différentiel sensible tous courants type B comprend en général les mêmes composants qu'un type A/type F. Autres composants importants :

① Bloc d'alimentation
② Partie électronique

Bloc d'alimentation
Le bloc d'alimentation alimente la partie électronique en courant. Pour son utilisation, il faut avoir au moins deux conducteurs quelconques qui véhiculent une tension alternative supérieure à 50 V. Il faut observer la direction du flux d'énergie lors du raccordement. Indépendamment de la tension de réseau, l'interrupteur différentiel sensible tous courants fonctionne comme un type A.

Partie électronique
L'interrupteur différentiel type B doit pouvoir détecter un courant de défaut continu lisse. Étant donné qu'il ne provoque aucun changement du flux magnétique à l'intérieur du transformateur d'intensité, la partie électronique est requise pour la détection.

1.4 Dimensionnement / Planification

Normes / Directives / Prescriptions	Consommateur / Câble	Disposition des dispositifs de protection contre les surintensités	Disposition des RCD

Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$	**Type**	**Courant nominal**	**Sélectivité**
• Protection des personnes (≤ 30 mA) • Protection incendie (≤ 300 mA)	A, A HI, F, B, B+ hfq, B EV	16… 125 A	S

Dimensionnement

Résistance aux courts-circuits
Tableau de coordination

Filiation
Sélection du dispositif de protection contre les surintensités placé en amont

Valeurs d'influence pour le dimensionnement d'un RCD

Pour le dimensionnement, il faut définir le courant différentiel assigné, le type et le courant nominal. Il faut également définir l'utilisation ou non d'appareils sélectifs. Dès que le type RCD correct a été déterminé, il faut coordonner la résistance aux courts-circuits avec le dispositif de protection contre les surintensités placé en amont.

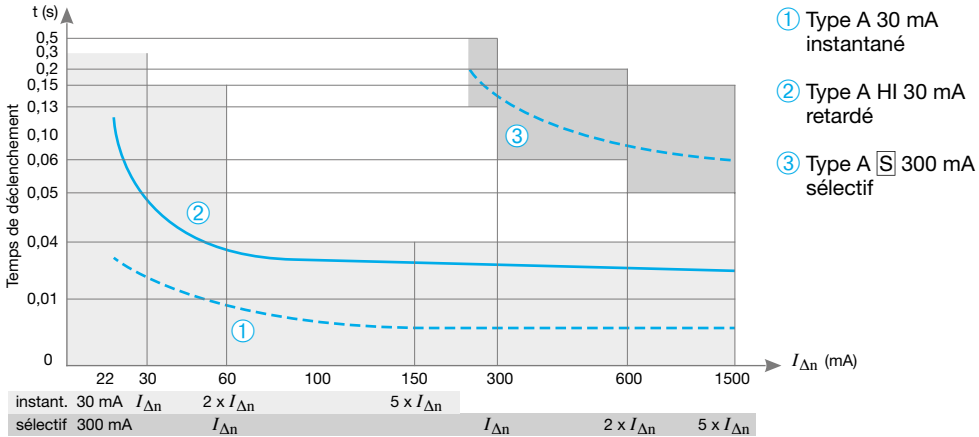
1.4.1 Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$

Le courant différentiel assigné est à sélectionner en fonction du domaine d'application et du concept de protection. Pour la protection des personnes, il faut choisir un courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$ de max. 30 mA, alors que max. 300 mA sont suffisants pour la protection incendie. Le RCD type B est à voir séparément.

		Protection des personnes	Protection incendie
Type A	10 mA	Oui	Oui
	30 mA	Oui	Oui
	300 mA		Oui
	sélectif 300 mA		Oui
Type A HI HI	30 mA	Oui	Oui
	sélectif 300 mA		Oui
Type F	30 mA	Oui	Oui
Type B Type B EV	30 mA	Oui	partielle (cf. 1.4.3)
	300 mA		partielle (cf. 1.4.3)
	sélectif 300 mA		partielle (cf. 1.4.3)
Type B+ hfq	30 mA	Oui	Oui
	300 mA		Oui

1.4.2 Comportement au déclenchement

Le comportement au déclenchement démontre que le RCD type A HI retardé est moins sensible aux courants de défaut que le RCD type A (instantané). Pour les deux versions, la protection des personnes est garantie. Le déclenchement de la version sélective 300 mA S est clairement retardé et est ainsi sélectif par rapport à un RCD de 30 mA.

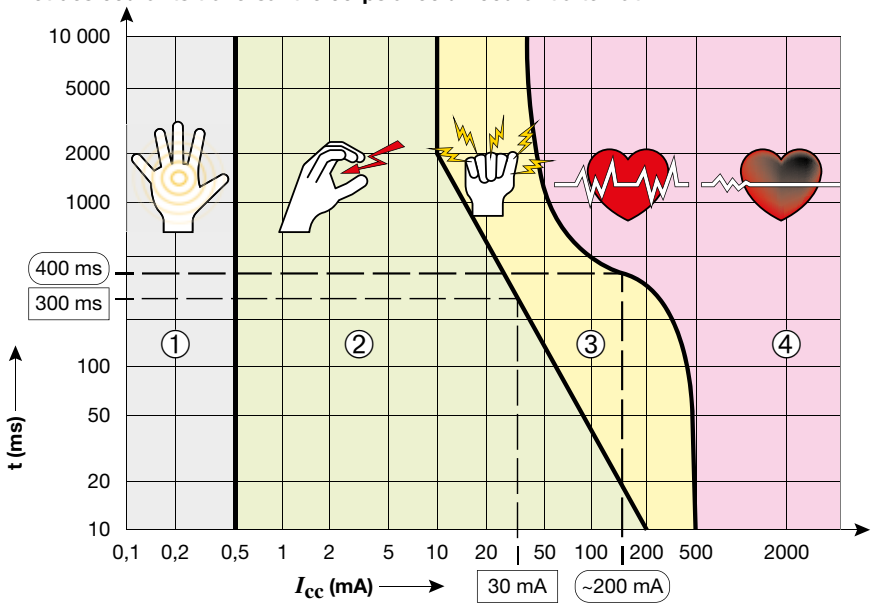


Comportement au déclenchement des RCD

1.4.2.1 Protection des personnes type A

L'effet physiologique d'un courant traversant notre corps dépend de l'intensité et de la durée. Dès l'apparition de contractions musculaires, on doit pouvoir compter sur la coupure du RCD avant que ne se présente une fibrillation ventriculaire.

Effet des courants traversant le corps avec un courant alternatif



Légende	Val. indicatives	Effet
① En général pas d'effet.	jusqu'à 1 mA	Seuil de perception. Le courant n'est pratiquement pas perceptible.
② En général pas d'effets physiologiques nuisibles.	5 mA	Fourmillement, picotement. Il est encore possible de relâcher la pièce sous tension par ses propres moyens.
③ Effets physiologiques. En général augmentation de la pression artérielle, contraction musculaire et dyspnée. Danger minime de fibrillation ventriculaire.	15 mA	Seuil de contraction. Contractions musculaires et tétanisation des muscles respiratoires sont possibles. Le seuil de relâchement est éventuellement déjà dépassé. La tétanisation des muscles respiratoires peut, dans certains cas très rares, entraîner la mort par asphyxie.
④ Effets physiologiques renforcés avec risque élevé de fibrillation ventriculaire à partir d'env. 200 mA et une durée d'application de 400 ms.	50 mA	Seuil d'alarme. Difficultés respiratoires, évtl. arrêt cardiaque ou fibrillation ventriculaire après une courte durée. Sans aide immédiate, la mort s'ensuit après quelques minutes.
	à partir de 80 mA	Seuil mortel. Effet mortel (fibrillation ventriculaire) probable après 0,3 à 1 s.

1.4.2.2 Protection incendie type A

Les défauts d'isolement peuvent provoquer des incendies, en particulier dans des locaux d'exploitation présentant un risque d'incendie. Pour protéger les installations, il faut utiliser un RCD avec un courant de déclenchement de maximum 300 mA.

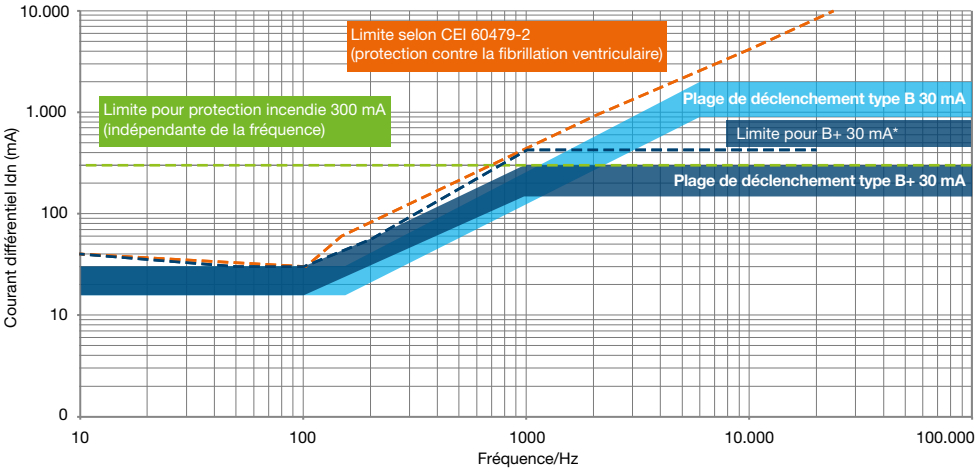
1.4.3 Comportement au déclenchement du RCD type B

Les équipements électroniques, tels que les convertisseurs de fréquence triphasés, génèrent des courants de défaut de différentes fréquences. L'intensité de déclenchement du RCD type B peut varier en fonction du type de courant de défaut et de sa fréquence. En fonction de l'objectif de protection, la limite de déclenchement peut être influencée en choisissant le type B ou le type B+ hfq.

1.4.3.1 Protection des personnes en fonction de la fréquence

La fréquence du courant traversant le corps influence l'effet physiologique. Ce fait est important en rapport avec le RCD sensible tous courants de type B. À fréquence croissante, le corps humain devient moins sensible aux courants traversant le corps. C'est pourquoi la norme de produit EN 62423 définit pour le RCD type B, selon la fréquence, un seuil de déclenchement de courant de défaut plus élevé. À partir de 100 Hz, le seuil de déclenchement augmente de manière constante, bien au-delà de 300 mA. En raison de l'insensibilité aux hautes fréquences, la protection des personnes est garantie. Le seuil de déclenchement plus élevé offre une meilleure disponibilité de l'installation.

L'utilisation de dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel de type B+ hfq est appropriée dans des locaux d'exploitation présentant un risque d'incendie et dans lesquels une meilleure protection incendie est recommandée. Ce type limite, indépendamment de la fréquence, le courant de défaut maximum à 300 mA. La meilleure sécurité réduit cependant la disponibilité de l'installation.



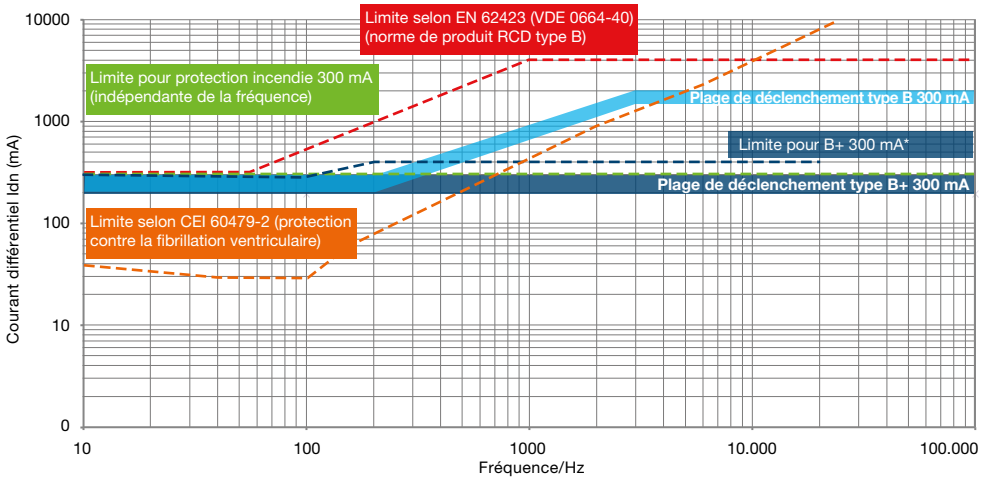
Interrupteur différentiel RCD 30 mA type B / B+

*selon EN 62423 (VDE 0664-40)

1.4.3.2 Protection incendie en fonction de la fréquence

Même pour le RCD sensible tous courants type B de 300 mA qui est utilisé pour des applications de protection incendie, le seuil de déclenchement augmente à fréquence croissante.

L'utilisation de dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel de type B+ hfq est appropriée dans des locaux d'exploitation présentant un risque d'incendie et dans lesquels une meilleure protection incendie est recommandée. Celui-ci répond à toutes les exigences du type B, mais reste inférieur à la valeur de déclenchement de 420 mA conformément aux normes de produit EN 61008-1 et EN 61009-1 pour les disjoncteurs FI-LS jusqu'à une fréquence de 20 kHz. La meilleure sécurité réduit cependant la disponibilité de l'installation.

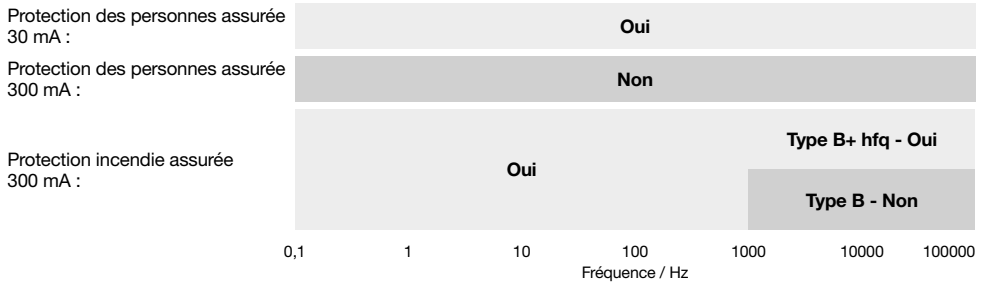


Interrupteur différentiel RCD 300 mA type B / B+

*selon EN 62423 (VDE 0664-40)

1.4.3.3 Domaine d'utilisation du type B+ hfq

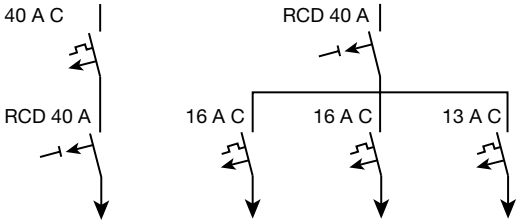
Dérivé des courbes de déclenchement, le graphique ci-dessous montre le domaine d'application du RCD type B+ hfq.



Réalisation de la protection des personnes et protection incendie avec RCD type B en fonction de la fréquence

1.4.4 Courant nominal / Pouvoir de coupure

Le rôle d'un RCD n'est pas de couper un court-circuit ou une surintensité de courant. Pour cette tâche, il faut prévoir des dispositifs de protection contre les surintensités. Il existe deux variantes pour déterminer le courant nominal d'un RCD.



Variante A *Variante B*

Variante A
La valeur du courant nominal du dispositif de protection contre les surintensités placé en amont est égale ou inférieure à celle du RCD.

Variante B
Pour la variante B, les prescriptions applicables selon la NIBT 2015 (5.3.6.2.3) sont les suivantes :

- RCD et dispositif de protection contre les surintensités doivent se trouver dans la même distribution ou bien un câble de raccordement de max. 3 m doit relier les deux composants
- Le courant nominal du plus grand dispositif de protection contre les surintensités ne doit pas dépasser le courant nominal du RCD
- La somme de tous les courants nominaux du dispositif de protection contre les surintensités placé en aval, multipliée par le facteur de simultanéité, donne le courant nominal minimum du RCD.

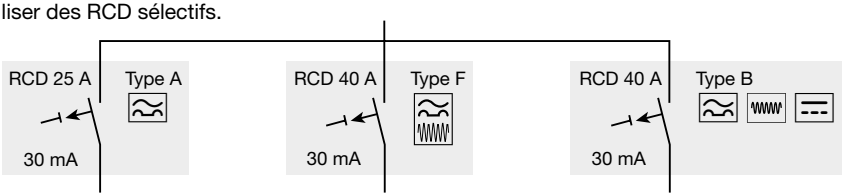
(16 A + 16 A + 13 A) x 0,8 = 36 A

Nombre de circuits	Facteur de simultanéité
2 et 3	0,8
4 et 5	0,7
6 à 9	0,6
10 et plus	0,5

1.4.5 Sélectivité

Avec la sélectivité horizontale et verticale, on obtient que seul le dispositif de protection différentiel situé le plus proche du point de défaut déclenche.

Sélectivité horizontale
Avec la sélectivité horizontale, aucun RCD n'est connecté en série. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des RCD sélectifs.

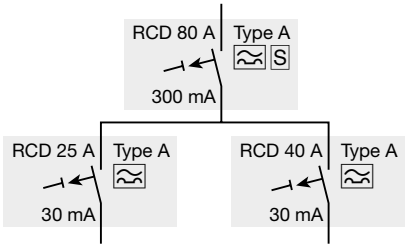


Sélectivité horizontale

Sélectivité verticale
Avec la sélectivité verticale, deux RCD sont connectés en série. Cela peut s'avérer nécessaire au cas où une ligne doit être protégée séparément contre un défaut d'isolement (p. ex. locaux d'exploitation présentant un risque d'incendie).

Attention :	Les RCD type B sensibles tous courants ne doivent pas être connectés en série avec un RCD type A. Les courants de fuite et de défaut des équipements électroniques pourraient entraver le bon fonctionnement du RCD type A.

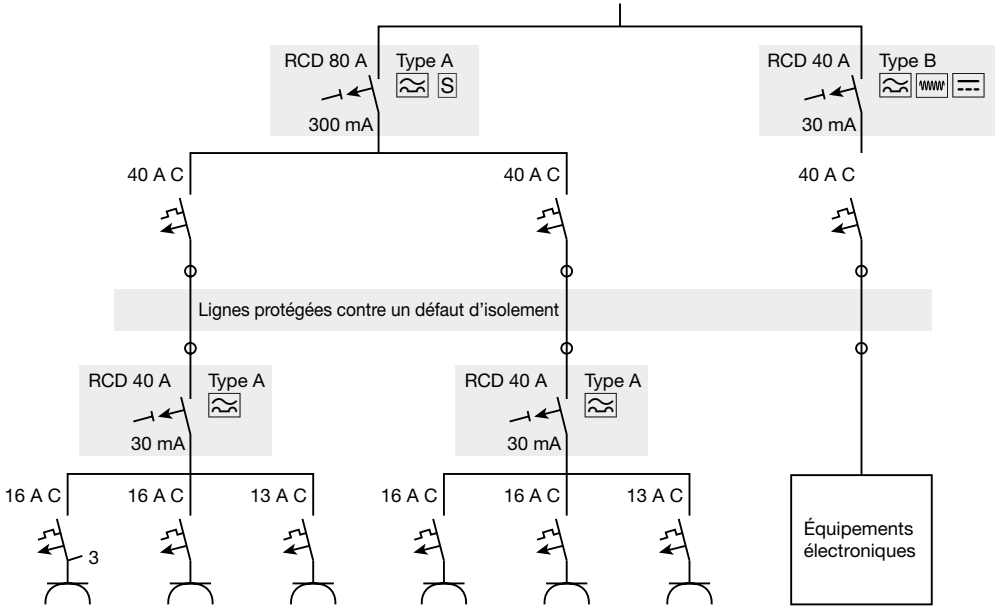
Les conditions suivantes pour la sélectivité verticale doivent être remplies :
- Le RCD en amont doit être repéré par le symbole Sélectif S
- La sensibilité des RCD en aval doit comporter au maximum 30 ou 10 mA
- Le courant d'emploi des circuits électriques situés en aval ne doit pas dépasser le courant nominal des RCD situés en amont.



Sélectivité verticale

Exemple
Un boîtier de prises dans une exploitation agricole est équipé directement à proximité des prises d'un RCD pour la protection des personnes. Pour que la ligne d'alimentation ne déclenche aucun incendie, le câble est protégé contre un défaut d'isolement par un RCD de 300 mA. Celui-ci doit être repéré comme étant sélectif S .

Les équipements électroniques doivent être protégés séparément par un RCD type B.



Exemple de sélectivité verticale

1.4.6 Résistance aux courts-circuits

Avec des résistances de contact très faibles, un courant de défaut peut se situer dans la plage d'un courant de court-circuit. Il convient également d'observer que pendant l'ouverture du RCD le courant de défaut risque d'augmenter considérablement en raison de l'arc électrique. Dans les deux cas, il ne faut pas que le dispositif de protection soit endommagé et un dispositif de protection contre les surintensités placé en amont doit protéger le RCD (filiation). Pour la coordination, il faut observer les tableaux de coordination spécifiques à chaque produit.

Exemple
Un RCD de 40 A est protégé en amont par un fusible HPC de 80 A contre un courant présumé de court-circuit jusqu'à 6 000 A. Il existe d'autres tableaux de coordination pour disjoncteurs de protection de circuit et disjoncteurs de puissance.

Résistance aux courts-circuits d'interrupteurs différentiels* en combinaison avec un fusible HPC gG en amont
Valeurs en kA

Interrupteurs différentiels		**Fusible amont HPC000/00 - gG**							
		25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
bipolaire	25 A	70	42	27	15	10	6	3,5	3,5
	40 A	-	-	27	15	10	6	3,5	3,5
	63 A	-	-	-	-	10	6	3,5	3,5
	80 A	-	-	-	-	-	10	7	4
tétrapolaire	25 A	70	42	27	15	10	6	3,5	3,5
	40 A	-	-	27	15	10	6	3,5	3,5
	63 A	-	-	-	-	10	6	3,5	3,5
	80 A	-	-	-	-	-	10	7	4
	100 A	-	-	-	-	-	-	7	4

(*) Non valable pour interrupteurs différentiels type B
Tableau de coordination de résistance aux courts-circuits

1.5 Références normatives

1.5.1 Essai

Pour l'essai de fonctionnement, il faut respecter la norme NIBT 2015, SN EN 61008-1 ainsi que les indications du fabricant. Le déroulement simplifié de l'essai est comme suit :

1. **Mesure d'isolement**
   L-PE > 1 MΩ (aucune liaison)

2. **Contrôle de la diode lumineuse**
   Sur le RCD type B, la diode lumineuse verte doit être allumée. La diode lumineuse verte indique que la tension de service interne pour la détection du courant de défaut sensible tous courants (courants de défaut du type A et B) est suffisante. Si la diode lumineuse n'est pas allumée, un seul déclenchement par des défauts de courant du type A est encore garanti.

3. **Presser le bouton test**
   Déclenchement du RCD

4. **Essai à 50 % $I_{\Delta n}$**
   Aucun déclenchement

5. **Essai à 100 % $I_{\Delta n}$**
   $I_{\Delta n}$ 10-30 mA déclenchement ≤ 300 ms
   $I_{\Delta n}$ 300 mA déclenchement ≤ 500 ms

6. **Dimensionnement**
   Contrôler le dimensionnement et la protection

Contrôle de fonctionnement
Le contrôle de fonctionnement s'effectue en appuyant sur le bouton test du RCD.
Ce contrôle est important pour le fonctionnement impeccable du RCD et doit être réalisé tous les six mois.

1.5.2 Domaines d'application de dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (RCD) conformes à la norme NIBT 2020

Généralités
Pour des prises électriques avec un courant assigné ≤ 32 A dans des systèmes à courant alternatif, destinées à une utilisation libre, il faut utiliser un RCD.

Exceptions :
Prises électriques industrielles et professionnelles pour consommateurs fixes (pour faciliter les mesures de maintenance au lieu de connexions fixes), inaccessibles librement ou seulement par du personnel qualifié. Par exemple centres de données, installations ASI, réseaux de sécurité et de secours, etc.

Chapitres NIBT	Prescriptions	$I_{\Delta n}$
4.1.1.3.3	**Prises électriques** Toutes les prises électriques à libre emploi ≤ 32 A	30 mA
4.2.2.3.9	**Locaux d'exploitation présentant un risque d'incendie** Tous les circuits terminaux du local ou qui traversent le local Chauffages de plafond, éléments chauffants de surface	300 mA 30 mA
5.5.1.4.4	**Installations d'alimentation de substitution** Installations conformes au système TN, TT ou IT	30 mA
5.5.9.9	**Stands d'exposition de luminaires** Circuits terminaux	30 mA

Autres domaines d'application

Chapitres NIBT	Prescriptions	$I_{\Delta n}$
7.01.4.1.5.1 7.01.5.2	**Locaux avec baignoire ou douche** Tous les circuits électriques Toutes les lignes / canalisations non posées à une profondeur minimum de 6 cm de la surface du mur	30 mA 30 mA
7.01.5.53	**Chauffages de sol et de plancher en surface**	30 mA
07.02	**Piscines et fontaines** Source électrique pour TBTS	30 mA
7.03.4.1.5.1	**Locaux avec corps de chauffe électriques de sauna** Tous les circuits électriques	30 mA
7.04.4.1.0.10	**Chantiers** Prises ≤ 32 A Consommateurs tenus en main et raccordés ≤ 32 A	30 mA 30 mA
7.05.4.1.1.1	**Exploitations agricoles et horticoles** Installations complètes Prises électriques	300 mA 30 mA
7.06.4.1.0.10	**Zones conductrices avec liberté de manœuvre limitée** Équipements fixes de la classe de protection II ou équivalente	30 mA
7.08.5.3.0	**Terrains de camping et de caravaning** Chaque prise individuelle Liaison fixe pour l'alimentation d'un mobile home ou d'une caravane stationnaire (protection individuelle)	30 mA 30 mA
7.09.5.3.1.2	**Marinas et emplacements analogues** Chaque prise individuelle Liaison fixe pour l'alimentation de péniches (protection individuelle)	30 mA 30 mA
7.10.4.1.1.1	**Locaux à usage médical** Circuits terminaux jusqu'à 32 A pour locaux de catégorie 1 Dans les locaux de catégorie 2, circuits pour l'alimentation de tables d'opération	30 mA 30 mA
7.11.4.8.2	**Expositions, shows et stands** Tous les circuits terminaux ≤ 32 A, à l'exception de l'éclairage de secours	30 mA
7.12.4.1.1.3.2	**Systèmes d'alimentation électrique photovoltaïques** Si un sectionnement simple entre les sources de tension alternative et continue n'est pas prévu	30 mA Type B
7.14.4.1.1.3.3	**Installations d'éclairage en plein air** Cabines téléphoniques, abris d'arrêt de bus, panneaux de signalisation, tableaux d'information et installations analogues avec éclairage intégré	30 mA
7.17.4.1.1.1 7.17.4.1.3.3	**Installations électriques sur des véhicules et unités de construction transportables** **Alimentation électrique** Équipements en dehors de l'unité de construction (protection individuelle)	30 mA 30 mA
7.21.4.1.5.1	**Caravanes et camping-cars** Alimentation électrique	30 mA
7.22.5.3.1.101	**Alimentation de véhicules électriques** Chaque point de connexion (en partie type B)	30 mA
7.40.4.1.5.1	**Stands de fêtes foraines, parcs d'attractions, cirques** Tous les circuits terminaux ≤ 32 A	30 mA
7.53.4.1.1.3.2	**Chauffages de sol et de plancher en surface**	30 mA
7.61.4.2.2.1	**Zones à risque déflagrant** Câbles chauffants et dispositifs de chauffage	30, max. 100 mA

1.6 Systèmes de montage

Les systèmes de montage sont identiques à ceux du disjoncteur. Les différences se situent au niveau des modèles d'appareils.

Interrupteur différentiel (RCCB)
L'appareil intègre la protection différentielle individuelle et peut être utilisé pour la protection de plusieurs circuits électriques.

Disjoncteurs différentiels FI-LS (RCBO)
Le FI-LS comprend le disjoncteur et l'interrupteur différentiel dans un seul appareil.

Disjoncteurs différentiels FI-LS³
Un interrupteur différentiel 3P+N et trois disjoncteurs 1P+N combinés dans un seul appareil.

Détecteur d'arcs dangereux AFDD
Le détecteur d'arcs dangereux assure une protection combinée. En plus d'un disjoncteur FI-LS, il comprend une unité AFD pour la détection de défauts d'arcs.

Relais différentiel
Dispositif à courant résiduel (sans coupure en charge) pour la détection précoce et la signalisation (sirène, feu clignotant, klaxon) de courants de défaut.

Bloc différentiel (RCU) pour disjoncteur de puissance
Le bloc différentiel est utilisé avec un disjoncteur de puissance. Un disjoncteur de puissance peut ainsi être équipé d'un RCD.

1.7 Déclenchement intempestif

Bien que la mesure d'isolement fût correcte et qu'aucun appareil défectueux ne soit connecté, il peut se produire des déclenchements intempestifs. Les causes sont multiples et pas toujours évidentes.

1.7.1 Généralités

Raccordement du conducteur N et PE
Lors d'un raccordement entre le conducteur N et PE, une partie du courant passe à travers le conducteur PE et le RCD déclenche.

Raccordement de divers conducteurs N
Si les conducteurs de neutre de différents groupes de protection sont raccordés ensemble, une partie du courant du conducteur neutre ne traverse pas le transformateur d'intensité et le RCD déclenche.

Permutation de divers conducteurs N
Dans le cas d'une permutation des conducteurs de neutre de différents groupes de protection, le courant du conducteur neutre ne retourne pas par le transformateur d'intensité et le RCD déclenche.

Raccordement incorrect du dispositif différentiel
La direction du flux d'énergie à travers le RCD ne joue aucun rôle (attention : cela n'est pas valable pour le RCD type B). Il faut cependant raccorder tous les conducteurs de phase et de neutre du consommateur en un point commun du RCD.

Câbles longs
Des câbles longs peuvent entraîner un déclenchement en raison de leurs éléments capacitifs.
Le déclenchement a lieu lors du branchement. L'utilisation d'un RCD type A HI peut résoudre ce problème.

Chauffages
Les chauffages auxiliaires pour tubes ou chauffages de sol entraînent des courants de fuite capacitifs qui peuvent provoquer le déclenchement d'un RCD. Une solution possible est l'utilisation d'un RCD type A HI, la répartition des circuits électriques sur trois phases ou la répartition sur plusieurs groupes différentiels.

1.7.2 Type B

Les mesures de protection CEM sur les appareillages électroniques peuvent entraîner des courants de fuite élevés. Même avec un RCD type B, il est possible que les courants de fuite provoquent des déclenchements intempestifs.

Plusieurs appareillages électroniques
Le nombre maximum d'équipements électroniques en aval de l'interrupteur différentiel en fonction de l'intensité des courants de fuite. Des courants de fuite trop élevés peuvent, malgré la fréquence de déclenchement spécifique de l'appareil, provoquer des déclenchements intempestifs (contacter les fabricants des équipements électroniques pour obtenir des informations correspondantes sur les courants de fuite générés).

Longs câbles moteur blindés
Lors de l'utilisation avec des convertisseurs de fréquence, des longs câbles moteur blindés peuvent générer des courants de fuite élevés au moment de la libération du régulateur du convertisseur de fréquence, et donc provoquer un déclenchement intempestif. Dans ce cas, il est possible d'utiliser un filtre de sortie sinusoïdal directement en aval du convertisseur de fréquence (en amont du câble moteur blindé).

Consommateurs monophasés en aval du filtre CEM
Selon la réglementation, un filtre CEM standard de 3 conducteurs ne doit être suivi que de son équipement électronique correspondant. Pour ne pas entraver l'efficacité du filtre, il faut absolument éviter de raccorder d'autres consommateurs monophasés, p. ex. des ampoules, à la sortie du filtre CEM !

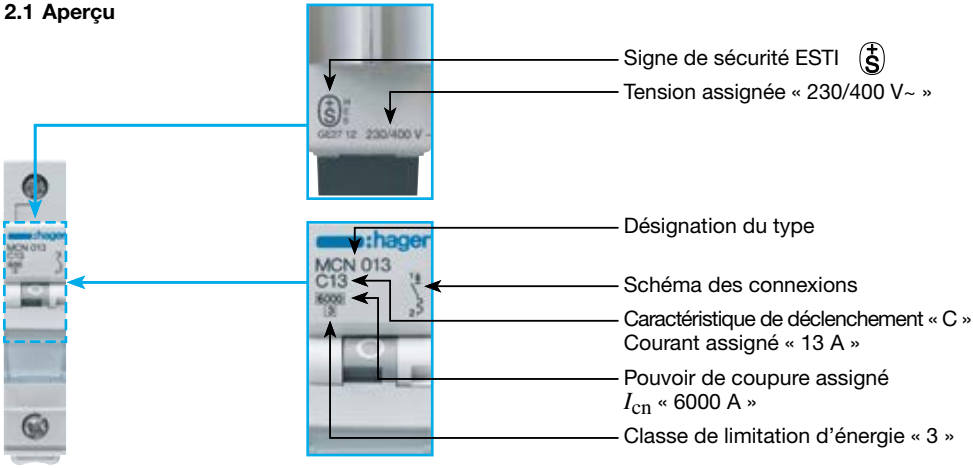
Fréquence de découpage défavorable
Pour les équipements électroniques, on peut généralement choisir différentes fréquences de découpage (hacheur). Dans le cas le plus défavorable, la fréquence de découpage peut induire des oscillations (résonance) au niveau d'un filtre CEM amont, provoquant ainsi des courants de fuite excessifs susceptibles de déclencher le RCD. Dans ce cas, il convient de changer la fréquence de découpage !

Fréquences de machine supérieures à 100 kHz
La plage de fréquence de déclenchement du RCD type B a été optimisée pour des installations électriques intégrant des convertisseurs de fréquence pour des fréquences de machine jusqu'à 100 kHz. En vue de garantir la protection exigée (protection des personnes ou protection incendie), il est interdit de régler des fréquences machine >100 kHz sur des convertisseurs de fréquence.

Disjoncteurs

		page
2	**Disjoncteurs**	**26**
2.1	Aperçu	28
2.2	Fonctionnement	30
2.3	Caractéristique de déclenchement	32
2.4	Dimensionnement / Planification	35
2.5	Références normatives	41
2.6	Systèmes de montage	42

2.1 Aperçu



Norme de produit	Domaine d'application possible :	Pouvoir de coupure	Marquage sur le LS	Utilisation
EN 60898-1	Résidentiel / Tertiaire	Pouvoir assigné de coupure I_{cn}	Valeur en ampères dans un rectangle	Utilisation possible par des personnes ordinaires
EN 60947-2	Installations industrielles	Pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit I_{cu}	Valeur en kA avec norme de produit 60947-2	Utilisation par un électricien, personnel instruit

Les disjoncteurs (LS) sont utilisés pour la protection des lignes en cas de court-circuit et de surcharge. Ces appareils se trouvent en règle générale dans le circuit terminal d'installations électriques de bâtiments résidentiels, tertiaires et industriels. L'exception à cette règle est le disjoncteur sélectif (SLS) qui peut être utilisé comme coupe-surintensité d'abonné ou comme fusible amont dans des distributions secondaires. L'utilisation en tant que coupe-surintensité general d'abonne doit s'effectuer en accord avec le service électrique concerné (SI).

Avantages :
- Après déclenchement, le disjoncteur se laisse facilement réenclencher
- Utilisation par des personnes ordinaires (LS 6 kA + 10 kA selon EN 60898-1)
- Construction compacte
- Aucun changement de la courbe de déclenchement par vieillissement
- Compatible avec des équipements auxiliaires, p. ex. contact auxiliaire

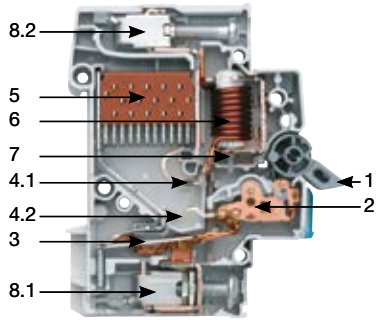
	LS 6 kA	LS 10 kA
Description	Protection en cas de court-circuit et de surcharge. Version 6 kA en option avec borne quickconnect. Insérer au lieu de visser du côté entrée et sortie.	Protection en cas de court-circuit et de surcharge. Version 10 kA pour exigences plus élevées et applications dans l'industrie.
Courant assigné I_n	16 A à 20 A	0,5 A à 63 A
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	6 kA	10 kA
Caractéristique de déclenchement	B, C	B, C, D

	LS haute performance 50 kA	LS sélectif 25 kA
Description	Protection en cas de court-circuit et de surintensité. LS haute performance avec pouvoir assigné de coupure jusqu'à 50 kA.	Protection en cas de court-circuit et de surintensité. Circuit principal et auxiliaire intégré. Pour la protection avec disjoncteurs LS en aval.
Courant assigné I_n	10 A à 125 A	6 A à 25 A
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	15 kA à 50 kA	25 kA
Caractéristique de déclenchement	C, D	Cs, E

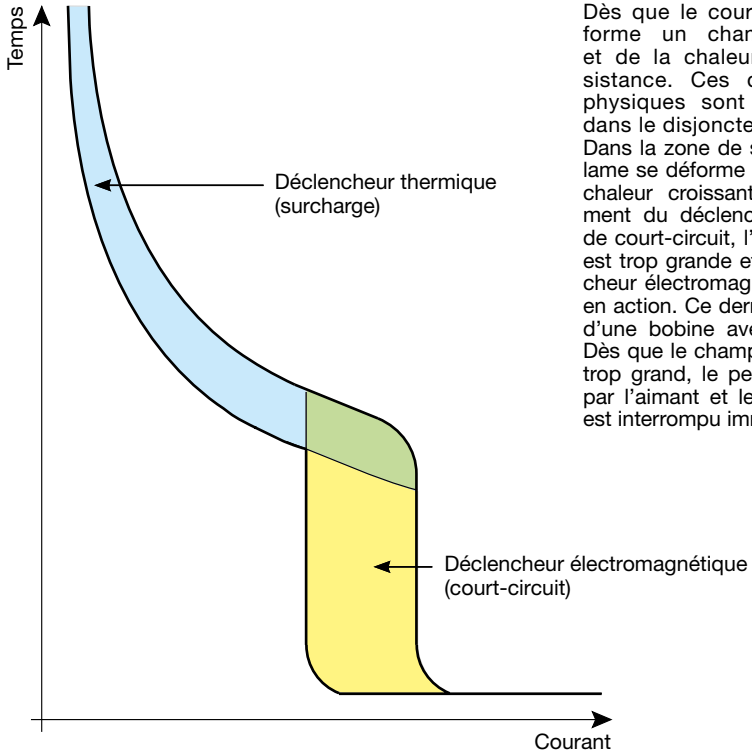
2.2 Fonctionnement

2.2.1 Fonctionnement du disjoncteur

Éléments essentiels d'un disjoncteur :
1 Manette avec mécanisme de déclenchement
2 Dispositif à déclenchement libre – au cas où la manette reste bloquée en position ON
3 Bilame – Système de déclenchement thermique
4.1 Contact de commutation (fixe)
4.2 Contact de commutation (mobile)
5 Chambre de coupure, pare-étincelles
6 Électroaimant – Système de déclenchement électromagnétique
7 Percuteur
8.1 Borne de connexion (Bi-Connect)
8.2 Borne de connexion



Caractéristique de déclenchement temps / courant d'un disjoncteur



Dès que le courant passe, il se forme un champ magnétique et de la chaleur suite à la résistance. Ces deux propriétés physiques sont mises à profit dans le disjoncteur.
Dans la zone de surcharge, un bilame se déforme en fonction de la chaleur croissante jusqu'au moment du déclenchement. En cas de court-circuit, l'inertie du bilame est trop grande et c'est le déclencheur électromagnétique qui entre en action. Ce dernier est constitué d'une bobine avec un percuteur. Dès que le champ magnétique est trop grand, le percuteur est attiré par l'aimant et le flux de courant est interrompu immédiatement.

2.2.2 Fonctionnement du disjoncteur sélectif (SLS)

Contrairement à un disjoncteur standard, le SLS possède, en plus du circuit principal, un circuit auxiliaire et un circuit d'enclenchement.

Enclenchement / déclenchement (commande manuelle)

Enclenchement
Enclenchement du SLS – Position EN :
- Fermeture des contacts K2 et K3
- Tension réseau appliquée à l'électroaimant E2

L'électroaimant E2 est excité :
- Fermeture du contact principal K1
- Ouverture du contact K3 (accouplé mécaniquement à K1)

Appareil enclenché :
- Circuit principal fermé
- Circuit auxiliaire fermé
- Circuit d'enclenchement ouvert

Déclenchement
Déclenchement du SLS – Position HORS :
- Ouverture du contact principal K1 et du contact K2

Appareil déclenché :
- tous les circuits sont ouverts, le SLS est déclenché

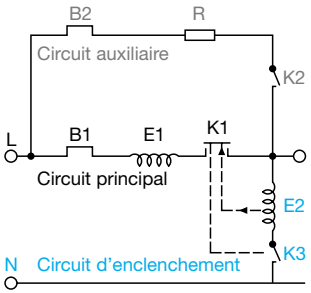


Schéma de principe d'un disjoncteur sélectif (SLS)

Circuit principal :
B1 Déclencheur thermique à surintensité
E1 Court-circuiteur instantané
K1 Point de contact principal

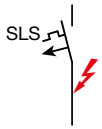
Circuit auxiliaire :
B2 Bilame
R Résistance de limitation de courant
K2 Point de contact

Circuit d'enclenchement :
E2 Électroaimant (bobine)
K3 Point de contact

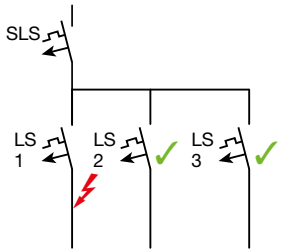
Fonctionnement en cas de surcharge :
En cas de surcharge, le bilame B1 interrompt l'alimentation de courant.

Fonctionnement en cas de court-circuit :

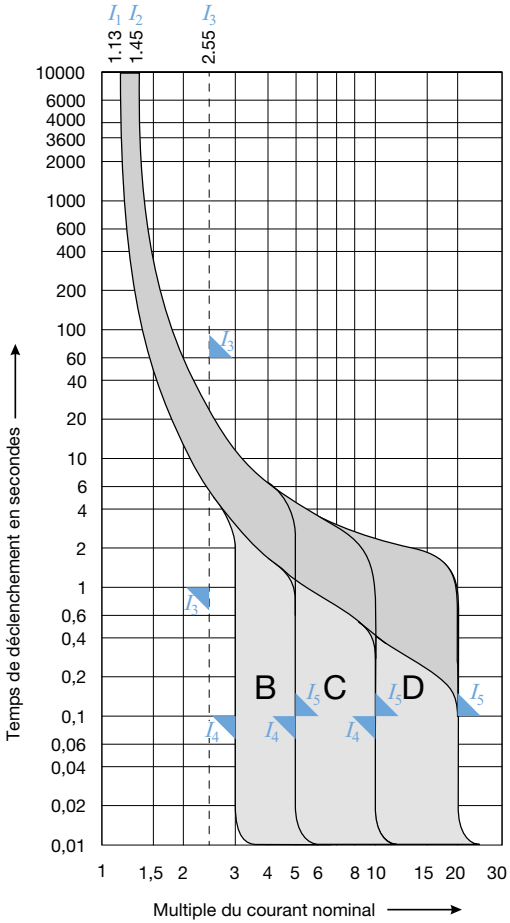
Court-circuit directement en aval du SLS
Le déclencheur non retardé E1 ouvre le contact K1 et ferme le contact K3 (accouplé mécaniquement). Le courant passe par le circuit auxiliaire et est limité par la résistance R. Après env. 50 ms, le bilame B2 ouvre les contacts K1, K2 et K3.



Court-circuit en aval du disjoncteur (SLS et LS en série)
Le déclencheur non retardé E1 ouvre le contact K1 et ferme le contact K3 (accouplé mécaniquement). Le LS 1 placé en aval déclenche simultanément et interrompt le court-circuit. Le courant limité passe par le circuit auxiliaire jusqu'à ce que l'électroaimant E2 referme le contact principal K1.
Avantage : LS 2 et LS 3 ne sont pas déconnectés. La sélectivité est ainsi garantie.



2.3 Caractéristique de déclenchement



La caractéristique de déclenchement définit la plage de courant dans laquelle le déclencheur électromagnétique interrompt le circuit électrique. Le déclenchement thermique est identique pour toutes les caractéristiques. En raison des variations de température et de la mécanique, il s'agit pour l'ensemble de la courbe de déclenchement d'une plage et non d'une valeur fixe.

Lors d'une surintensité élevée, le temps de déclenchement est d'environ 10 millisecondes. La courbe de déclenchement se modifie donc dans cette plage de temps. Il n'est pas possible d'obtenir des temps de déclenchement plus rapides en raison des limites physiques de la mécanique.

I_1 **Courant d'essai de non-déclenchement**
Le déclenchement jusqu'à une valeur de 1,13 fois le courant nominal ne doit pas se produire avant une heure.

I_2 **Courant d'essai de déclenchement**
Le déclenchement jusqu'à une valeur de 1,45 fois le courant nominal doit se produire au plus tard après une heure.

I_3 **Limite de tolérance du courant d'essai (dénommée aussi zone de déclenchement non définie)**
La courbe de déclenchement du déclencheur thermique doit se trouver dans la limite de tolérance définie. Ce courant d'essai n'a pas d'importance pour le dimensionnement et la planification.

I_4 **Courant de maintien**
Le déclencheur électromagnétique ne doit pas déclencher en dessous de cette valeur de courant. (p. ex. le courant d'enclenchement).

I_5 **Courant de déclenchement**
Le déclencheur électromagnétique doit couper ce courant après 0,1 s.
(p. ex. un courant de court-circuit).

2.3.1 Déclencheur électromagnétique

Caractéristique de déclenchement	Maintien I_4	Déclenchement I_5	Temps de déclenchement
B	3 x I_n		> 0,1 s
		5 x I_n	< 0,1 s
C	5 x I_n		> 0,1 s
		10 x I_n	< 0,1 s
D	10 x I_n		> 0,1 s
		20 x I_n	< 0,1 s
C_s (SLS)	6.5 x I_n		> 0,1 s
		10 x I_n	< 0,3 s
E (SLS)	5 x I_n		> 0,1 s
		6,25 x I_n	< 0,3 s

Exemple : le déclencheur électromagnétique LS char. B ne déclenche pas jusqu'à une valeur de 3 fois le courant nominal, mais déclenche de manière sûre en 0,1 seconde à partir d'une valeur de 5 fois le courant nominal.

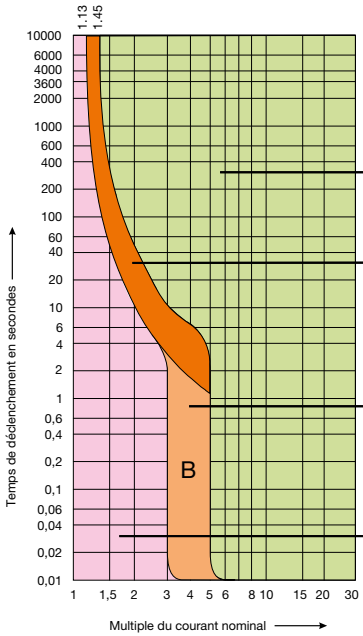
2.3.2 Déclencheur thermique

Caractéristique de déclenchement	Courant d'essai de non-déclenchement I_1	Courant d'essai de déclenchement I_2	Temps de déclenchement
B / C / D	1,13 x I_n		> 1 h
		1,45 x I_n	< 1 h
C_s (SLS)	1,13 x I_n		> 2 h
		1,45 x I_n	< 2 h
E (SLS)	1,05 x I_n		> 2 h
		1,2 x I_n	< 2 h

Exemple : un disjoncteur car. B peut fonctionner avec une surcharge de 13 % pendant plus d'une heure. Aucun déclenchement ne doit se produire pendant ce temps. Lors d'une surcharge de 45 %, le déclenchement doit se produire en moins d'une heure.

Remarque : il faut tenir compte de ce fait pour la stabilité thermique des câbles.

2.3.3 Courbe de déclenchement



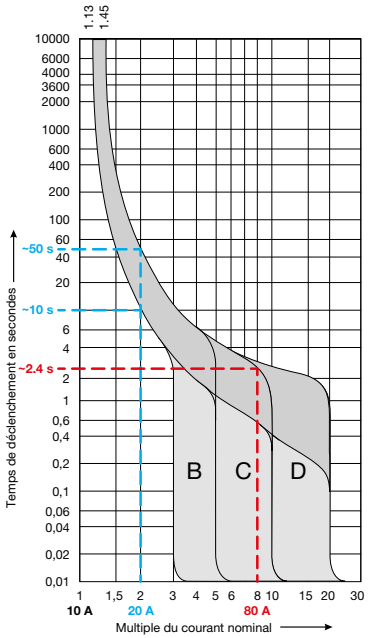
La courbe de déclenchement indique à quelle intensité de courant un disjoncteur déclenche ou non. Pour une meilleure compréhension, la courbe est expliquée à l'aide de quelques exemples.

Le LS déclenche

Zone non définie.
Le disjoncteur peut, mais n'est pas obligé de déclencher. Cela dépend des conditions environnantes

Zone non définie.
Le disjoncteur peut, mais n'est pas obligé de déclencher. Cela dépend des conditions environnantes

Le disjoncteur ne déclenche pas



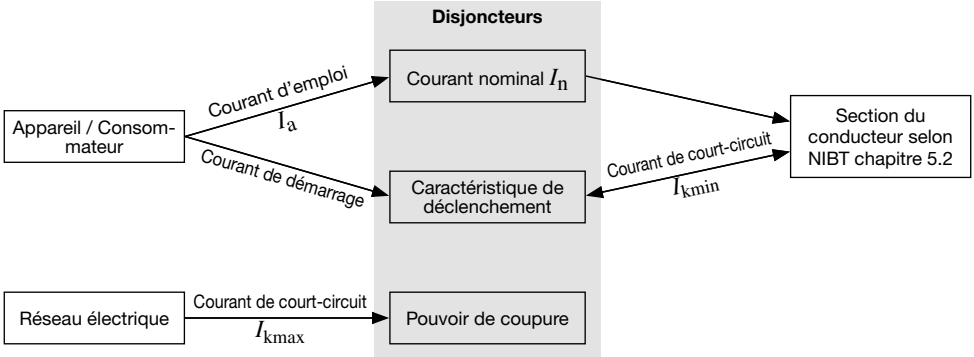
Exemple 1
À travers un disjoncteur de caractéristique B (I_n = 10 A) circule un courant de 20 A (2 x I_n).
Si, en raison du courant d'enclenchement, ce flux de courant est de très courte durée (seulement quelques secondes), le déclencheur thermique ne déclenche pas en raison de l'inertie du bilame. Si le courant circule durant une période prolongée, le déclenchement se produit dans les 10 à 50 secondes.

Exemple 2
Sur un disjoncteur de caractéristique B (I_n = 10 A), il existe en fin de ligne un courant de défaut de 80 A (8 x I_n). Le disjoncteur déclenche en moins de 10 millisecondes, car le courant se situe au-dessus de la plage de déclenchement supérieure.

Avec un disjoncteur à caractéristique C, le déclenchement a lieu après env. 2,4 secondes. Le déclencheur magnétique peut cependant déclencher. Par conséquent, le déclenchement peut aussi se produire en 0,1 seconde.

Sous réserve de modifications techniques

2.4 Dimensionnement / Planification



Sans conditions particulières, il suffit de connaître le courant d'emploi et le courant de démarrage pour déterminer le disjoncteur. Le courant d'emploi doit être inférieur au courant nominal du disjoncteur et le courant de démarrage ne doit pas déclencher le déclencheur électromagnétique. La section du conducteur peut être dimensionnée en fonction du courant nominal.
Conditions particulières pour le dimensionnement qui exigent une planification plus détaillée :

- Consommateurs avec courants d'enclenchement élevés
- Lignes longues avec faibles courants de court-circuit
- Forts courants de court-circuit
- Fréquences ou tensions spéciales
- Températures ambiantes hautes ou basses
- Exigences élevées en matière de disponibilité / sélectivité
- Nombre de disjoncteurs juxtaposés
- Type de courant AC ou DC

2.4.1 Courant nominal

La protection contre un échauffement excessif en raison d'une surcharge est donnée si les conditions suivantes sont remplies :

Règle de courant nominal $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Règle de déclenchement $I_2 \leq 1{,}45\ I_Z$

Pour les disjoncteurs avec la caractéristique B, C et D, on applique I_2 (courant d'essai de déclenchement) = 1,45 x I_n. Il en résulte la formule simplifiée suivante :

$$I_n \leq I_Z$$

D'une manière simplifiée, cela signifie que le courant d'emploi I_B doit être inférieur au courant nominal I_n du disjoncteur, et ce dernier doit lui être inférieur au courant admissible de la ligne I_Z.

Conseil I_Z:	Si le dimensionnement de la section du conducteur s'effectue selon la NIBT 5.2, la détermination de I_Z n'est pas nécessaire, car l'intensité nominale du coupe-surintensité est indiquée dans la NIBT.

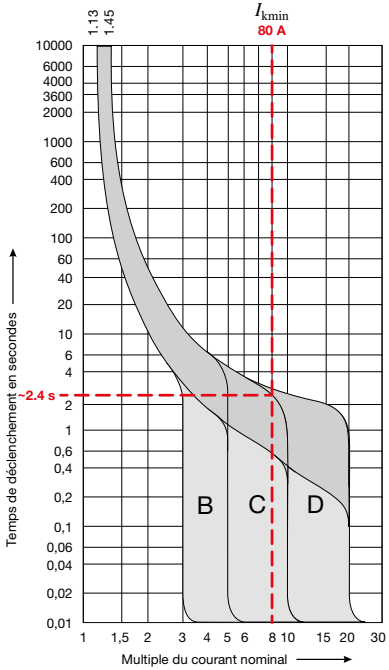
I_B Courant d'emploi
I_n Courant nominal
I_Z Courant admissible du conducteur
I_2 Courant d'essai de déclenchement

2.4.2 Caractéristique de déclenchement

Le courant de démarrage et le courant d'enclenchement des consommateurs ainsi que le courant de court-circuit sont importants pour le choix de la bonne caractéristique. À l'aide du lieu d'utilisation indiqué dans le tableau ci-après, il est possible de déterminer la bonne caractéristique.

Caractéristique	Lieu d'utilisation
B	Pour consommateurs thermiques sans pointes de courant élevées. Exemple : • Cuisinière • Chauffage électrique • Chauffe-eau
C	Pour circuits d'éclairage / de prises électriques avec des consommateurs non définis et des consommateurs avec des pointes de courant d'enclenchement élevées. Exemple : • Circuit d'éclairage et de prises électriques • Petits moteurs
D	Pour appareils avec pointes de courant d'enclenchement élevées. Exemple : • comme coupe-surintensité d'abonné • Condensateurs • Transformateurs

Pour la coupure automatique en cas de défaut (protection des personnes), il faut respecter les temps de coupure selon la norme NIBT 4.1.1.3.2. Pour des circuits ≤ 32 A, le temps de coupure est ≤ 0,4 seconde. Pour des circuits > 32 A et pour tous les circuits de distribution, le temps de coupure exigé est de maximum 5 secondes.



Exemple
Lors d'un départ avec une ligne très longue, on compte avec un courant de court-circuit minimum I_{kmin} de 80 A. Afin que le disjoncteur déclenche en 0,4 seconde, il faut utiliser la caractéristique type B. Pour le type C, le temps de déclenchement comporte env. 2,4 secondes.

Si un type C est toutefois requis, on dispose des possibilités suivantes :

- Augmenter la valeur I_{kmin} par une section de conducteur plus grande
- Répartir les consommateurs sur plusieurs groupes de protection afin de réduire le courant nominal

Attention :
Un RCD comme mesure de protection supplémentaire ne couvre que la protection des personnes, mais pas la protection des lignes / des consommateurs. La protection des lignes / consommateurs est à voir séparément.

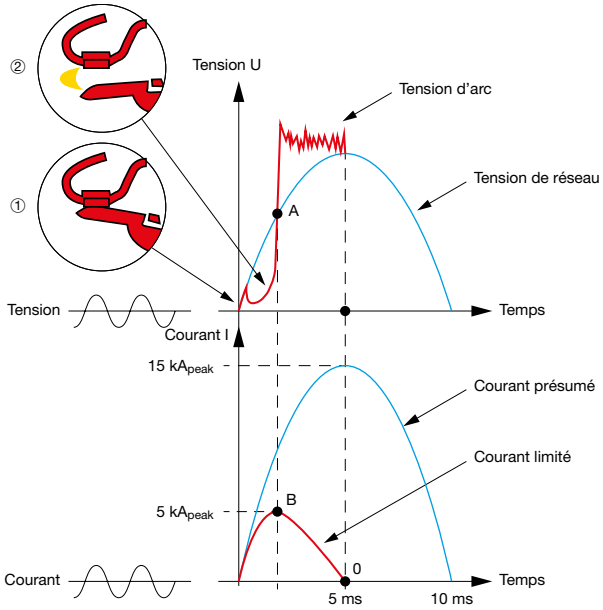
2.4.3 Pouvoir de coupure

L'objectif est de permettre à un disjoncteur de couper sans risque le courant maximal de court-circuit. Pour cela, il faut connaître le courant de court-circuit sur le lieu de l'installation. Si le courant de court-circuit présumé dépasse le pouvoir de coupure du disjoncteur, il faut dans ce cas limiter le courant de court-circuit sur le lieu de l'installation (filiation).
Cela peut être réalisé par exemple à l'aide de fusibles (HPC ou DIAZED) ou de disjoncteurs sélectifs.

En présence de forts courants de court-circuit, il faut définir le pouvoir de coupure en fonction des tableaux de coordination. Pour cela, voir le chapitre Filiation (protection back-up) / Sélectivité (filiation à partir de la page 51).

2.4.4 Classe de limitation d'énergie

Le standard est la classe de limitation d'énergie 3 selon EN 60898-1 (classe 1 = aucune limitation), ce qui signifie une limitation élevée du courant de court-circuit en cas d'incident. La tension d'arc joue ici un rôle déterminant.



① Les contacts sont fermés, la tension d'arc est quasi nulle.

② À l'ouverture des contacts après constatation du court-circuit, il se forme une tension d'arc. Dès que celle-ci dépasse la tension de réseau (point A), l'intensité du courant de court-circuit (point B) diminue jusqu'à la valeur 0 (point 0). Il y a extinction de l'arc électrique et le courant est interrompu.

La procédure décrite présente les avantages suivants :

- Une limitation du courant de court-circuit (p. ex. de 15 kA$_{peak}$ à 5 kA$_{peak}$)
- Réduction du temps de coupure du court-circuit (p. ex. de 10 ms à 5 ms)

2.4.5 Application de tension continue / Fréquence

En raison de la vitesse de commutation élevée et des propriétés d'extinction de l'arc électrique, les disjoncteurs de la société Hager peuvent être utilisés également avec un courant continu ou différentes fréquences. Il faut cependant observer que le déclencheur électromagnétique est dépendant de la fréquence. Il n'y a aucun changement en ce qui concerne le déclencheur thermique.

Déclencheur magnétique	Type d'application	I_4	I_5
Courbe B	16,7 – 50 Hz	3 x I_n	5 x I_n
	DC	4 x I_n	7 x I_n
	100 Hz	3,3 x I_n	5,5 x I_n
	200 Hz	3,6 x I_n	6 x I_n
	400 Hz	4,5 x I_n	7,5 x I_n
Courbe C	16,7 – 50 Hz	5 x I_n	10 x I_n
	DC	7 x I_n	15 x I_n
	100 Hz	5,5 x I_n	11 x I_n
	200 Hz	6 x I_n	12 x I_n
	400 Hz	7,5 x I_n	15 x I_n
Courbe D	16,7 – 50 Hz	10 x I_n	20 x I_n
	DC	15 x I_n	30 x I_n
	100 Hz	11 x I_n	22 x I_n
	200 Hz	12 x I_n	24 x I_n
	400 Hz	15 x I_n	30 x I_n

Les valeurs déterminantes pour le dimensionnement sont indiquées dans les fiches techniques.

Pour la tension de service, il faut observer les valeurs suivantes :
AC : max. 230/400 V min. 12 V
DC : max. 60 V, 125 V (avec deux ou plusieurs pôles raccordés en série)

I_4 Courant de maintien
Le déclencheur électromagnétique ne doit pas déclencher jusqu'à ce courant (p. ex. le courant d'enclenchement).

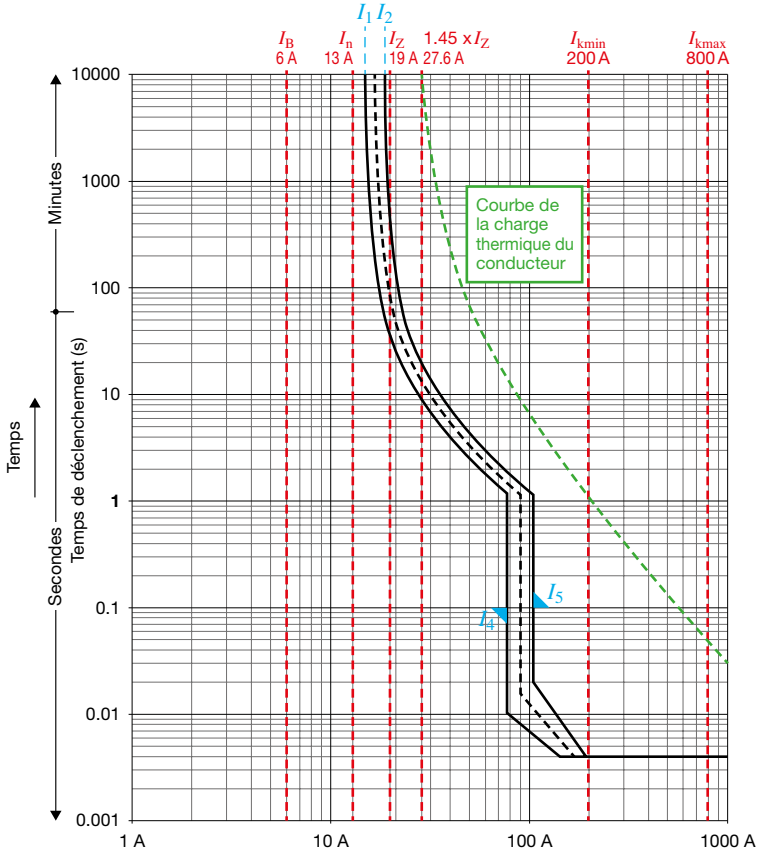
I_5 Courant de déclenchement
Le déclencheur électromagnétique doit déclencher avec ce courant dans 0,1 s (p. ex. un courant de court-circuit).

2.4.6 Température ambiante

Le comportement de déclenchement d'un disjoncteur change en fonction de la température ambiante. Le courant nominal indiqué se réfère à une température de 30°C. Sur des lieux d'installation avec des températures ambiantes supérieures ou inférieures, il faut calculer avec un facteur de correction. Les facteurs correspondants sont indiqués dans les fiches techniques.
Il faut appliquer un autre facteur de correction si plusieurs disjoncteurs sont juxtaposés. Le courant nominal baisse en raison de la charge thermique mutuelle.

2.4.7 Exemple

Une vérification graphique des différents courants permet de contrôler la planification. Le graphique ci-dessous indique les corrélations à l'aide d'un disjoncteur de 13 A, type C. La courbe de la charge thermique est purement informative, car la valeur I_Z ou la détermination de la section conforme à la NIBT 5.2 est déterminante pour le dimensionnement.



I_B	Courant d'emploi	Disjoncteur :	I_n = 13 A
I_n	Courant nominal		Type C
I_Z	Courant admissible de la ligne ou du câble		Pouvoir de coupure 6 kA
			Classe de limitation d'énergie 3
I_1	Courant d'essai de non-déclenchement		50 Hz, 3 x 400/230 V
I_2	Courant d'essai de déclenchement		Température ambiante 30°C
I_4	Courant de maintien	Ligne:	5 x 1,5 mm²
I_5	Courant de déclenchement		Type de pose E
I_{kmin}	Courant de court-circuit minimum		I_Z = 19 A
I_{kmax}	Courant de court-circuit maximum	Contrôle I_n :	$I_B \leq I_n \leq I_Z$
			6 A ≤ 13 A ≤ 19 A
		Temps de déclenchement :	$I_5 < I_{kmin}$
		Pouvoir de coupure :	I_{kmax} < 6 kA

2.5 Références normatives

Normes pertinentes pour la planification et l'exécution concernant le disjoncteur :

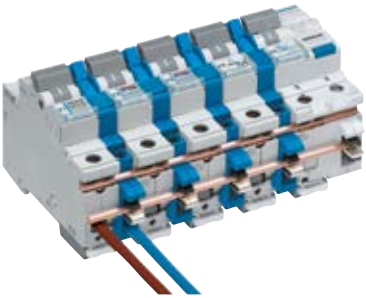
NIBT 2015 / 5.2	Dimensionnement des lignes et câbles
NIBT 2015 / 4.1.1.3.2	Coupure automatique en cas de défaut
NIBT 2015 / 5.3.9.8.5.5	Accessibilité
EN 61439 1-5	Norme pour les ensembles d'appareillages à basse tension

2.6 Systèmes de montage

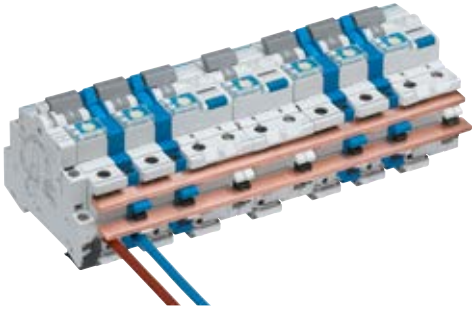
Pontage avec peigne de raccordement

Avec la technique de connexion quickconnect, les câbles (côté sortie) ainsi que les peignes de raccordement (côté entrée) pour le câblage sont simplement insérés - insérer au lieu de visser.

Pontage avec barre en cuivre ronde / plate



Barre en cuivre ronde



Barre en cuivre plate

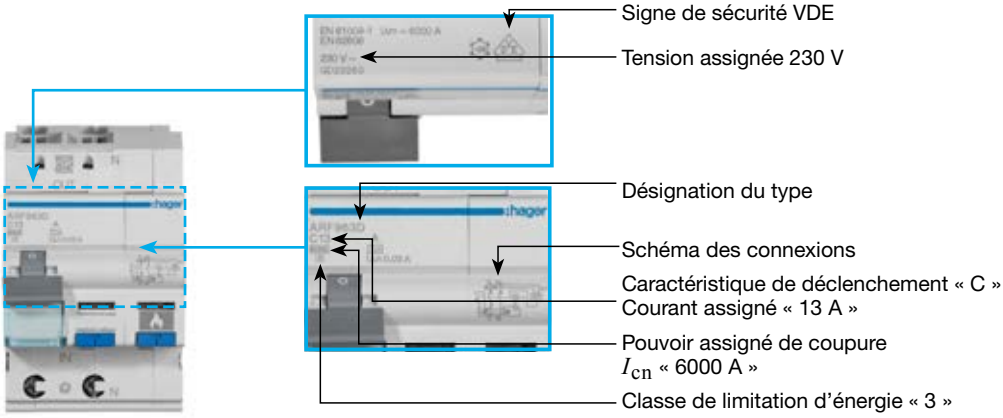
Système de socles enfichables uniway

Système de profilés support weber.uniline

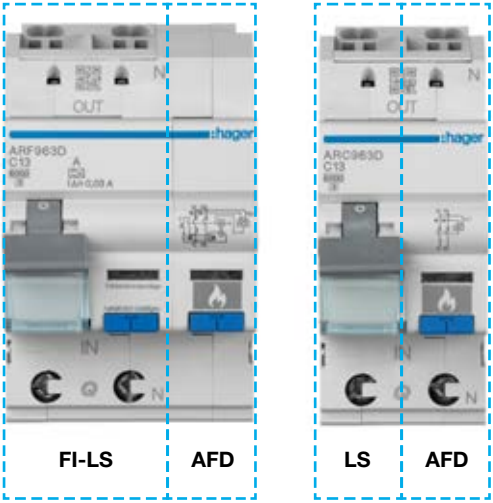
Détecteur d’arcs dangereux AFDD

		page
3	**Détecteur d’arcs dangereux AFDD**	**44**
3.1	Aperçu	46
3.2	Fonctionnement	48
3.3	Dimensionnement et planification	49
3.4	Mesures et contrôle de fonctionnement	51
3.5	Références normatives	52
3.6	Systèmes de montage	53

3.1 Aperçu



Le détecteur d’arcs dangereux (AFDD – Arc Fault Detection Device) est utilisé pour prévenir les incendies dus à des défauts d’arc (angl. Arc Fault). Un défaut d’arc se produit lorsqu’un courant électrique circule involontairement entre deux contacts via une distance d’isolement et qu’il est ionisé, ce qui peut entraîner la formation d’étincelles et une surchauffe. Un AFDD détecte ces défauts d’arc et coupe l’alimentation électrique afin de prévenir un incendie. Les exigences relatives au détecteur d’arcs dangereux sont définies dans la norme de produit EN 62606.
La combinaison pratique de composants électromécaniques (FI-LS / LS) et de l’AFDD commandé par microprocesseur permet une protection combinée dans un seul appareil.



	LS + AFDD 6 kA	LS + AFDD 10 kA
Description	Protection combinée contre court-circuit, surcharge et défaut d'arc. Version 6 kA en option avec borne quickconnect. Insérer au lieu de visser du côté entrée et sortie.	Protection combinée contre court-circuit, surcharge et défaut d'arc. Version 10 kA pour exigences plus élevées et applications dans l'industrie.
Courant assigné I_n	6 A à 20 A	6 A à 25 A
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	6 kA	10 kA
Caractéristique de déclenchement	B, C	B, C

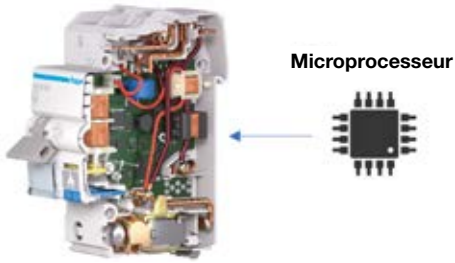
	FI-LS + AFDD 6 kA	FI-LS + AFDD 10 kA
Description	Protection combinée contre court-circuit, surcharge, courant de défaut et défaut d'arc. Version 6 kA en option avec borne quick-connect. Insérer au lieu de visser du côté entrée et sortie.	Protection combinée contre court-circuit, surcharge, courant de défaut et défaut d'arc. Version 10 kA pour exigences plus élevées et applications dans l'industrie.
Courant assigné I_n	6 A à 20 A	6 A à 25 A
Courant différentiel assigné $I_{\Delta n}$	30 mA	30 mA
Courant assigné de court-circuit I_{nc}	6 kA	10 kA
Caractéristique de déclenchement	B, C	B, C

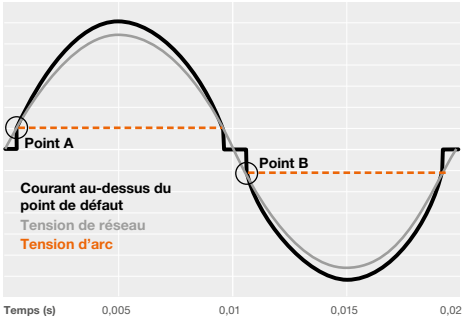
3.2 Fonctionnement

3.2.1 Fonctionnement du microprocesseur

L'unité AFDD surveille les ondes sinusoïdales du courant et de la tension à l'aide d'un microprocesseur. Le logiciel intégré du détecteur d'arcs dangereux permet de surveiller et d'évaluer 120 paramètres différents afin de détecter les arcs électriques dans le circuit. Si des arcs électriques sont détectés avec une quantité d'énergie dépassant le risque d'incendie, le circuit est interrompu. La valeur seuil pour la coupure est basée sur un seuil de courant de 2,5 A et une quantité d'énergie de 450 joules qui est en mesure d'enflammer un câble en PVC.

Le microprocesseur a été optimisé de manière à ne couper le circuit qu'en cas de risque d'incendie. Ainsi, les étincelles et les arcs électriques qui peuvent se produire avec différents appareils terminaux, tels que perceuses, sèche-cheveux ou interrupteurs, n'entraînent pas de coupure.



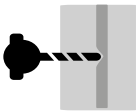


3.2.2 Zone de protection

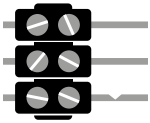
Toute une série de causes peuvent être à l'origine d'un défaut d'arc. Les déclencheurs sont des câbles défectueux, des défauts d'isolement ou des points de contact desserrés, qui peuvent survenir suite à des contraintes mécaniques ou thermiques, au vieillissement ou à des salissures.

Usure des câbles due à une utilisation fréquente

Rayons de courbure non autorisés



Câble endommagé par perçage/clou



Mauvais dénudage

Pliage/rupture de câble

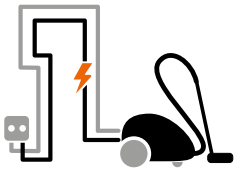
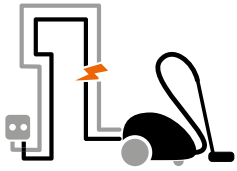
Points de serrage desserrés

Mauvais contact

Morsures de rongeurs

3.2.3 Définition Arc électrique

Toute une série de causes peuvent être à l'origine d'un défaut d'arc. Les déclencheurs sont des câbles défectueux, des défauts d'isolement ou des points de contact desserrés, qui peuvent survenir suite à des contraintes mécaniques ou thermiques, au vieillissement ou à des salissures.

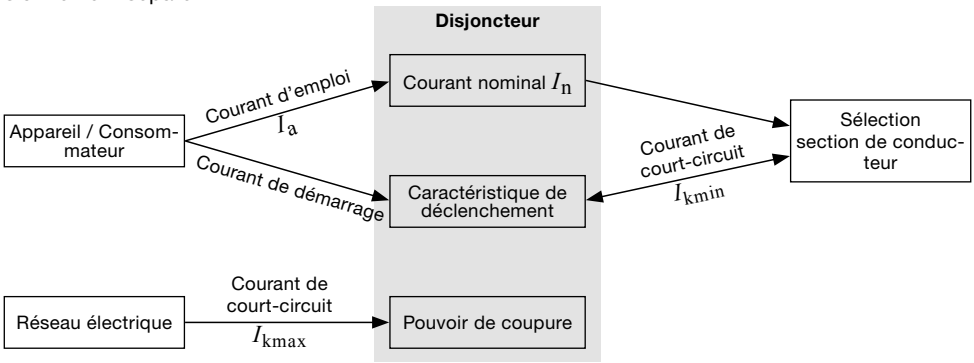
Arc électrique en série	Arc électrique en parallèle
• Conducteur défectueux • Point de contact desserré	• Défaut d'isolement • Claquage entre deux conducteurs (si le courant de défaut est inférieur au courant de déclenchement des disjoncteurs LS
	

3.2.4 Champs d'action des appareillages de protection selon le type de défaut et la position

Fonction de protection entre	Court-circuit	Surcharge	Courant différentiel	Arc électrique en série	Arc électrique en parallèle
L – L	LS FI-LS SLS				
L – N				AFDD	
L – PE			FI-LS FI		FI-LS FI, AFDD

3.3 Dimensionnement et planification

Pour choisir un appareil, il suffit de dimensionner l'unité de protection de ligne et d'évaluer si un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel est nécessaire. La fonctionnalité de l'unité AFDD reste inchangée pour toutes les variantes d'appareils et ne nécessite donc pas de dimensionnement séparé.

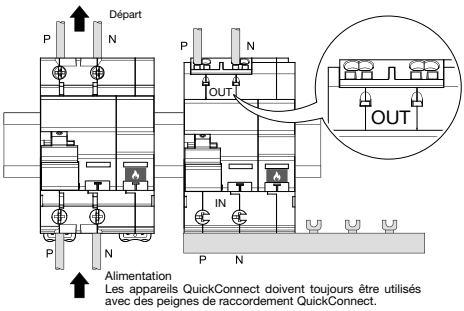


1 Dimensionnement du disjoncteur

Sans conditions particulières, il suffit de connaître le courant d'emploi et le courant de démarrage pour déterminer le disjoncteur. Le courant d'emploi doit être inférieur au courant nominal du disjoncteur et le courant de démarrage ne doit pas déclencher le déclencheur électromagnétique. La section du conducteur peut être dimensionnée en fonction du courant nominal.

Conditions particulières pour le dimensionnement qui exigent une planification plus détaillée :
- Consommateurs avec courants d'enclenchement élevés
- Lignes longues avec faibles courants de court-circuit
- Forts courants de court-circuit
- Fréquences ou tensions spéciales
- Températures ambiantes hautes ou basses
- Exigences élevées en matière de disponibilité/sélectivité
- Nombre de disjoncteurs juxtaposés
- Type de courant AC ou DC

3.3.1 Installation et montage



- La charge électrique doit être connectée à la sortie (OUT) de l'appareil. Si la connexion est inversée, ce circuit n'est alors pas protégé par le dispositif de détection de défaut d'arc.
- Montage au début des circuits terminaux à protéger

3.4 Mesures et contrôle de fonctionnement

3.4.1 Essai d'isolement selon EN 61439

La tension d'essai est appliquée aux bornes d'alimentation de l'ensemble d'appareillage BT :
- Pour des tensions d'essai ≤ 500 V, l'AFDD doit être désactivé.
- Pour des tensions d'essai > 500 V, il faut déconnecter l'AFDD (EN 61439 partie 2 et partie 3).

Si, pour des raisons pratiques, il n'est pas judicieux de débrancher des équipements électriques, il est possible de réduire la tension continue de mesure pour le circuit à 250 V. Cependant, la résistance d'isolement doit comporter au moins 1 MΩ (NIBT 6.1.3.3.3).

3.4.2 Mesure d'impédance de boucle AFDD

En effectuant une mesure d'impédance de boucle sur un circuit de sortie équipé d'un AFDD, il faut veiller à ce que le courant différentiel qui en résulte ne dépasse pas 300 mA. L'AFDD dispose d'une mesure électronique du courant différentiel qui augmente la protection incendie en plus des exigences de la norme du produit.

3.4.3 Contrôle de fonctionnement

Contrôle de fonctionnement Unité FI	Contrôle de fonctionnement AFDD
Le contrôle de fonctionnement de l'unité FI s'effectue en appuyant sur le bouton test. Ce contrôle est important pour le fonctionnement impeccable du RCD et doit être réalisé tous les six mois.	Contrairement à l'interrupteur FI, il n'est pas nécessaire de procéder à un contrôle de fonctionnement régulier sur l'AFDD, car le microprocesseur intégré effectue un test automatique de manière cyclique. Il s'agit d'une exigence de la norme de produit.

	Bouton test manuel	Test automatique périodique
Test CPU	✓	✓
Ouverture des contacts	✓	
Matériel électronique	✓	
Résultat	Trip = OK Trip = NOK	No Trip = NOK No Trip = OK

3.4.4 Diagnostic Déclenchement

L’indicateur de défaut mécanique type de Hager permet de diagnostiquer de manière simple l’origine du défaut et de déterminer quel défaut a provoqué le déclenchement.

Origine du défaut	Indicateur de déclenchement	
Court-circuit / Surintensité		
Courant de défaut		
Défaut d’arc		

3.5 Références normatives

Normes pertinentes pour la planification et l’exécution :

SN EN 62606	Exigences générales des dispositifs pour la détection de défaut d’arcs
NIBT 4.2.1	Protection contre les incendies provoqués par des matériels électriques
NIBT 5.3.2.6	Dispositifs pour la détection de défaut d’arcs (AFDDs)

3.5.1 NIBT2020

Pour des circuits terminaux, l’utilisation de dispositifs pour la détection et la coupure d’arcs électriques peut réduire le risque d’incendie causé par une ligne de fuite ou un défaut d’arc. Dans les pièces et les zones suivantes, il peut donc être judicieux d’utiliser des dispositifs pour la détection de défaut d’arcs (AFDD) :

- Pièces avec couchages
- Locaux d’exploitation présentant un risque d’incendie (BE2)
- Bâtiments constitués de composants combustibles (CA2),
- Structures de bâtiments qui favorisent la propagation du feu (CB2)
- Locaux dont le contenu présente une valeur particulière (p. ex. archives, musée, etc.)

Si des AFDD sont utilisés, ils doivent être installés au début d’un circuit.

3.6 Systèmes de montage

3.6.1 Peigne de raccordement

3.6.2 Accessoires et équipement auxiliaire

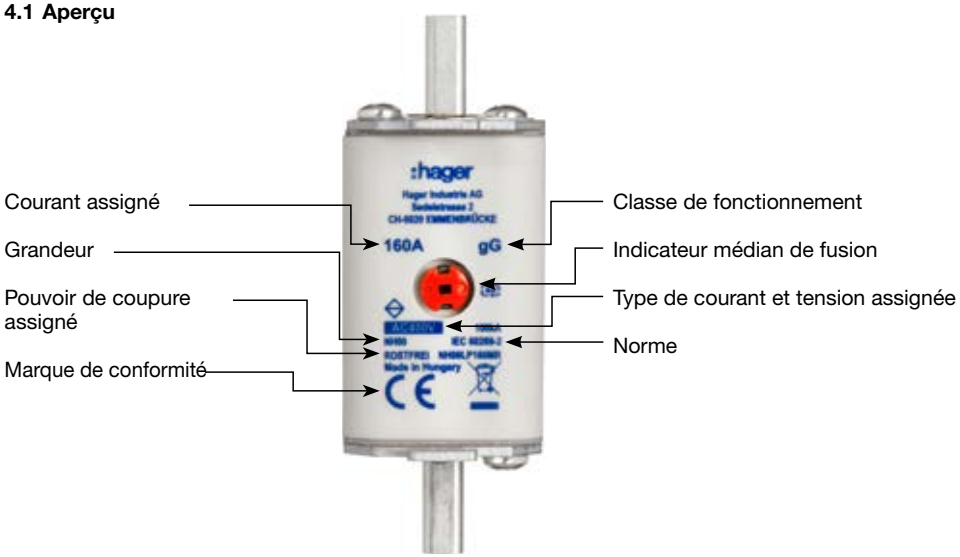
Les LS AFDD et FI-LS AFDD peuvent être équipés d'interrupteurs auxiliaires et de déclencheurs issus du programme LS ou FI-LS :

- MZ201, contact auxiliaire 1NO+1NF
- MZ202, contact de signalisation 1NO+1NF
- MZ203, déclencheur à émission de courant 230–415 V AC

Cartouches-fusibles HPC

		page
4	**Cartouches-fusibles HPC**	**54**
4.1	Aperçu	56
4.2	Fonctionnement	57
4.3	Caractéristique de déclenchement	57
4.4	Dimensionnement / Planification	60
4.5	Références normatives	60
4.6	Systèmes de montage	61

4.1 Aperçu



Classe de fonctionnement	gG	gTr	aM
Tension assignée	400 / 500 / 690 V	400 V	690 V

Dimensions

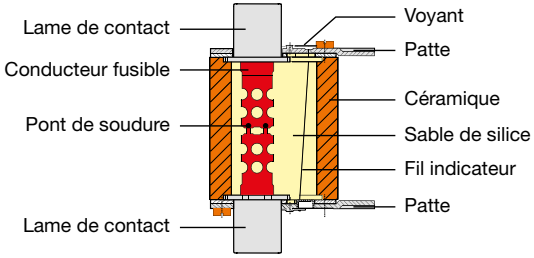
HPC000 jusqu'à 100 A
HPC00 jusqu'à 160 A
HPC1 jusqu'à 250 A
HPC2 jusqu'à 400 A
HPC3 jusqu'à 630 A

La cartouche fusible basse tension HPC (NH / NHS) fait partie intégrante de la réglette sectionnable à coupure en charge HPC. Il s'agit dans ce cas d'un fusible avec un pouvoir de coupure assigné extrême (jusqu'à 120 kA). Le courant assigné des fusibles est échelonné et permet une simple analyse de sélectivité.

Avantages produit

- Très haut pouvoir de coupure avec petites dimensions
- Limitation de courant élevée, faibles valeurs de passage I^2t
- Sélectivité finement échelonnée
- Faible puissance dissipée
- Excellente fiabilité et résistance au vieillissement
- Emploi aisé
- La pression de contact ne dépend pas de l'opérateur

4.2 Fonctionnement



La structure d'un HPC est simple, mais éprouvée. Elle n'a pratiquement pas changé durant les dernières décennies. Le conducteur fusible et le pont de soudure définissent la forme de la courbe caractéristique. Ces deux éléments fondent en présence d'une surintensité ou d'un courant de court-circuit et l'enveloppe de silice garantit une extinction sûre de l'arc électrique ainsi que la dissipation de chaleur. Le voyant indicateur de fusion permet d'identifier rapidement le fusible qui a déclenché.

4.3 Caractéristique de déclenchement

4.3.1 Classes de fonctionnement

La classe de fonctionnement décrit la propriété de déclenchement d'un fusible et ainsi la forme de la courbe de déclenchement.

gG **Fusible à usage général pour des applications standards**
Pour la protection des lignes et des installations contre des surintensités et courants de court-circuit

gTr **Fusible à usage général pour la protection des transformateurs**
Pour la protection des transformateurs de réseau. La valeur assignée est indiquée dans la puissance apparente (kVA) du transformateur. La courbe de déclenchement est adaptée au mode de fonctionnement du transformateur et aux fusibles MT placés en amont.

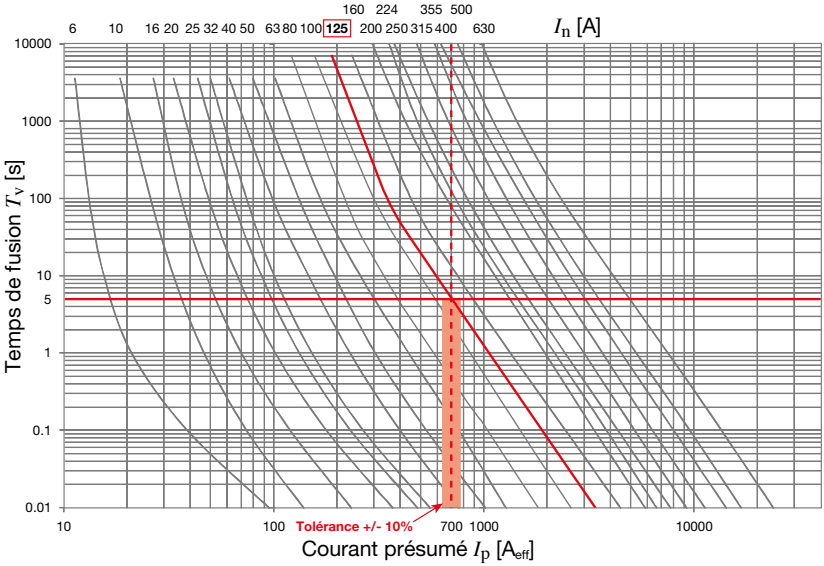
aM **Fusible à zone de coupure partielle pour la protection de court-circuit des circuits de moteurs**
Un fusible à zone de coupure partielle assure seulement la protection de court-circuit. Il est présumé que l'on utilise un élément supplémentaire pour la protection contre les surcharges. Le courant nominal assigné peut être identique au courant nominal du moteur.

4.3.2 Courbe caractéristique temps / courant

La courbe caractéristique temps / courant d'un HPC indique la dépendance entre le temps de fusion et le courant. Le graphique indique les courbes caractéristiques moyennes qui peuvent varier de +/- 10% de l'axe des courants.

Un HPC de 125 A déclenche par exemple à 700 A après 5 secondes. En tenant compte de la tolérance, le courant doit être au moins 10 % supérieur pour assurer un déclenchement sûr du HPC dans les 5 secondes.

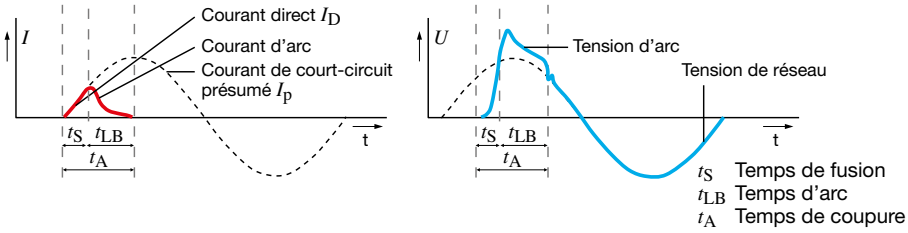
Diagramme exemple : cartouches-fusibles HPC DIN Gr. 00-3 AC 400 V



Le courant I_p est le courant présumé. Cela signifie qu'en présence d'un court-circuit le courant n'est réduit par aucun élément limiteur de courant.

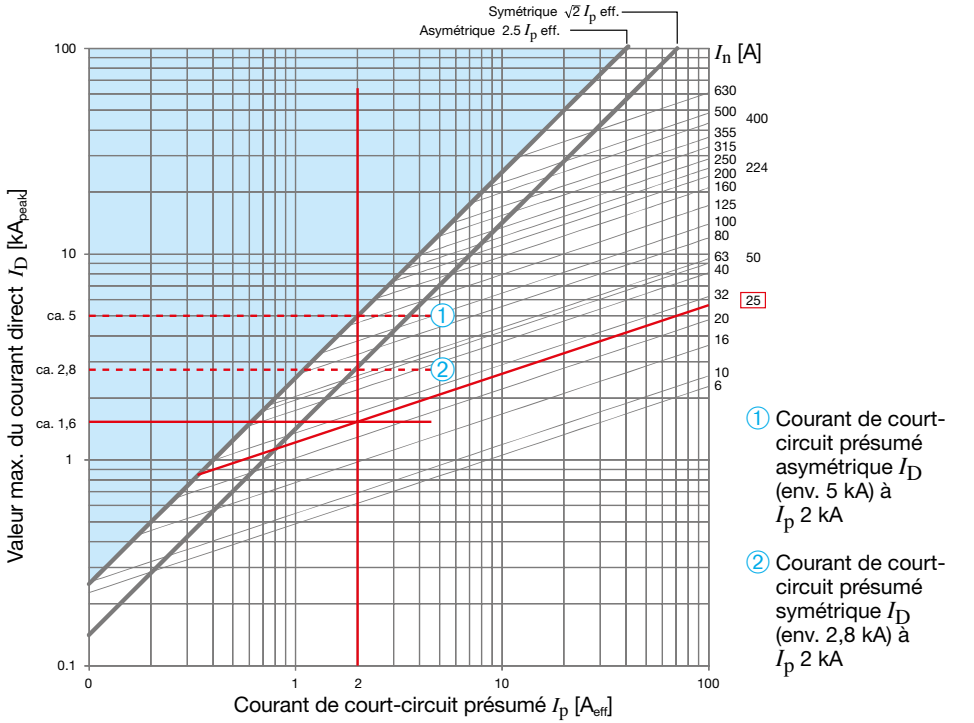
4.3.3 Limitation du courant

Les HPC ont le grand avantage de pouvoir limiter efficacement un fort courant de court-circuit. En raison du temps de coupure rapide, le courant direct n'atteint pas la valeur de crête du courant de court-circuit présumé. Cela présente l'avantage que seul le courant direct agit sur les éléments en aval. La sollicitation mécanique et thermique est ainsi réduite.



Le diagramme de limitation du courant est utilisé pour déterminer la valeur maximum du courant direct.

Diagramme exemple : cartouches-fusibles HPC DIN Gr. 00-3 AC 400 V



Courant asymétrique / symétrique
Sans limitation du courant, la valeur maximum du courant direct I_D dépend également du rapport de résistance ohmique et inductive sur le lieu du court-circuit. D'une manière simplifiée, on peut aussi parler de courts-circuits proches (asymétriques) ou distants (symétriques) des transformateurs, car cela a des répercussions directes sur le rapport de résistance.

Proche du transformateur : $I_D = 1{,}8 \times \sqrt{2} \times I_p = \sim 2{,}5 \times I_p$ (asymétrique)

Distant du transformateur : $I_D = \sqrt{2} \times I_p = \sim 1{,}4 \times I_p$ (symétrique)

Exemple 1
Avec un courant de court-circuit présumé I_p d'une valeur efficace de 2 kA, un HPC de 25 A limite la valeur maximum du courant direct à environ 1,6 kA_{peak}

Exemple 2
Avec un courant de court-circuit présumé I_p d'une valeur efficace de 2 kA, le courant est limité par les fusibles suivants :

Avec courant symétrique : 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A

Avec courant asymétrique : 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A, 100 A, 125 A

Pour une protection supérieure, il n'y a pas de limitation du courant car il y a passage d'au moins une demi-onde.

4.4 Dimensionnement / Planification

La sélection et le dimensionnement d'un HPC s'effectuent comme suit :

1. Sélection de la classe de fonctionnement
2. Sélection du courant assigné
3. Dimensionnement de la ligne
4. Contrôle des temps de coupure en cas de défaut

En cas d'exigences en matière de sélectivité ou de filiation, voir le chapitre Filiation (protection back-up) / Sélectivité.
Étant donné que le pouvoir de coupure assigné d'un HPC est très haut (≥ 100 kA), il n'est généralement pas nécessaire de tenir compte du pouvoir de coupure.

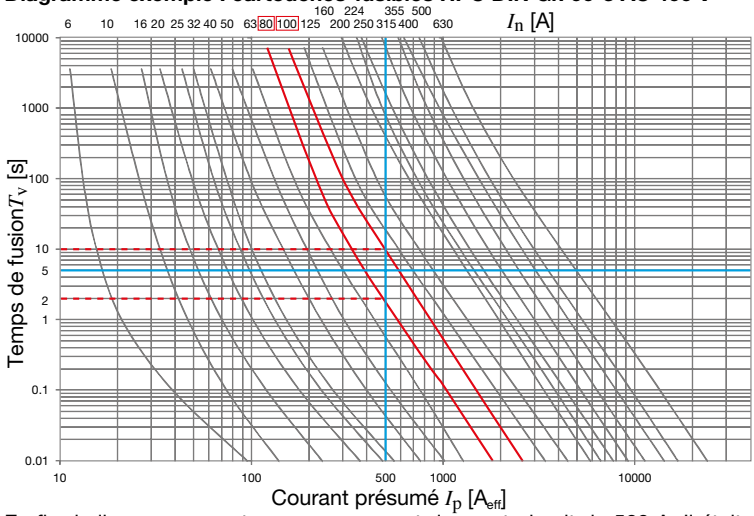
4.4.1 Temps de coupure

Les temps de coupure automatiques en cas de défaut sont définis dans la NIBT 4.1.1.3.2.
En général, les temps applicables sont les suivants :

- 0,4 s pour circuits terminaux ≤ 32 A
- 5,0 s pour les autres circuits

Pour le contrôle, il est nécessaire de connaître le courant de court-circuit minimum en fin de ligne.

Diagramme exemple : cartouches-fusibles HPC DIN Gr. 00-3 AC 400 V



En fin de ligne, on compte avec un courant de court-circuit de 500 A. Il était prévu d'utiliser un HPC avec un courant assigné de 100 A. Étant donné que le temps de déclenchement dépasse 5 secondes, il n'est pas possible d'utiliser un HPC de 100 A. Il serait possible d'utiliser un HPC de 80 A ou bien de prévoir une section plus grande de la ligne d'arrivée, ce qui augmente le courant de court-circuit minimum.

4.5 Références normatives

Normes pertinentes pour la planification et l'exécution :

NIBT 2015 / 5.2	Dimensionnement des lignes et câbles
NIBT 2015 / 4.1.1.3.2	Coupure automatique en cas de défaut
NIBT 2015 / 4.3.2.1 E+C	Utilisation d'un HPC seulement par des personnes formées en électrotechnique
NIBT 2015 / 5.3.9.8.5.5	Accessibilité
EN 61439 1-5	Norme pour les ensembles d'appareillages à basse tension

4.6 Systèmes de montage

weber.vertigroup
Réglettes sectionnables à coupure en charge HPC
- Commutation unipolaire et tripolaire
- Grandeur 00 pour 60, 100 et 185 mm
  Système de jeux de barres jusqu'à 160 A
- Grandeur 1-3 pour 185 mm
  Système de jeux de barres jusqu'à 630 A
- Réglette double jusqu'à 1260 A
- Réglettes transfo 910 A (630 kVA) et 1820 A (1250 kVA)

Série LL
Réglettes interrupteur-sectionneur à fusibles
- Grandeur 00 et 1-3 (jusqu'à 630 A)
- Utilisation simple avec manette de commande
- Avec mécanisme de commande à rupture brusque
- Montage possible des tiroirs sous tension
- Commutation tripolaire

weber.silas
Fusible-interrupteur-sectionneur HPC
- Grandeur 000, 00, 1, 2, 3 (6 A à 630 A)
- Construction compacte
- Commutation tripolaire

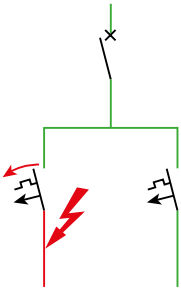
Indépendamment du système de montage, la plupart des systèmes peuvent être équipés d'une surveillance électronique de fusible et d'un transformateur d'intensité.

Filiation (protection back-up) / Sélectivité

		page
5	**Filiation (protection back-up) / Sélectivité**	**62**
5.1	Aperçu	64
5.2	Filiation (protection back-up)	65
5.3	Sélectivité	67
5.4	Concept de sélectivité	74

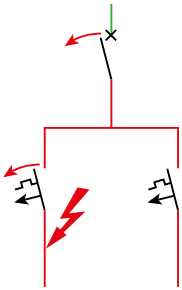
5.1 Aperçu

Sélectivité totale



Sélectivité de surintensité de deux dispositifs de protection contre les surintensités en série, sachant que la protection est assurée par le dispositif de protection du côté charge, sans que l'autre dispositif de protection intervienne.

Filiation

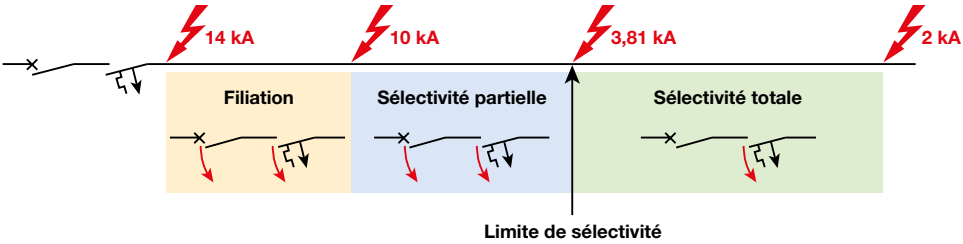


L'intensité du courant de court-circuit dépasse le pouvoir de coupure du dispositif de protection. Pour une coupure sûre, l'élément de protection amont assure la protection de court-circuit. Les deux éléments déclenchent généralement en présence d'un court-circuit.

Sélectivité partielle

Sélectivité de surintensité de deux dispositifs de protection contre les surintensités en série, sachant que jusqu'à une valeur de surintensité donnée la protection est assurée par le dispositif de protection du côté charge, sans que l'autre dispositif de protection intervienne.

Deux éléments de protection dans un circuit sont placés l'un derrière l'autre. En présence de faibles courants de court-circuit, seul l'élément de protection le plus proche de l'emplacement du défaut déclenche. Si le court-circuit dépasse la limite de sélectivité, l'élément placé en amont déclenche également, étant donné que l'énergie de passage est trop grande. En présence de forts courants de court-circuit, le courant dépasse le pouvoir de coupure de l'élément de protection et l'élément placé en amont prend en charge la filiation.

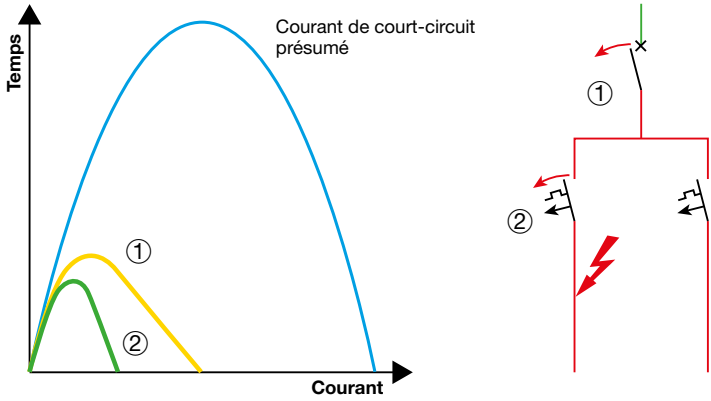


En cas de court-circuit au niveau du consommateur (cas le plus fréquent), la sélectivité est assurée en raison des courants de court-circuit généralement de faible intensité.

En cas de court-circuit au niveau de la distribution (cas rare), la filiation (attention, pas de sélectivité) est assurée et l'élément de protection est protégé malgré un fort courant présumé de court-circuit.

Les deux états peuvent être déterminés à l'aide de tableaux de coordination (sélectivité / filiation).

5.2 Filiation (protection back-up)



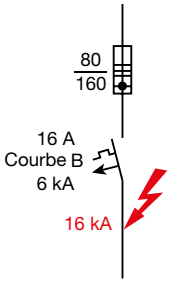
Si un courant de court-circuit dépasse le pouvoir de coupure d'un dispositif de protection (2), un organe de protection placé en amont (1) et l'élément de protection placé en aval (2) doivent alors limiter le court-circuit, de sorte que l'organe de protection placé en aval (2) ne dépasse pas le pouvoir de coupure correspondant. Dans ce cas, en règle générale, les deux éléments de protection (1+2) déclenchent.

Info :	Avec des forts courants de court-circuit (supérieurs au pouvoir de coupure), le disjoncteur a toujours besoin d'une filiation. Cette protection est généralement garantie par l'élément de protection en amont (exemple : fusible amont d'une distribution secondaire, fusible amont de départs fins, etc.).

Pour la planification et le dimensionnement, il est nécessaire de consulter les tableaux suivants :

Tableau de filiation :	Le tableau permet de trouver le courant de court-circuit maximum au point d'installation. L'élément de protection en amont limite le courant jusqu'à cette valeur, de sorte à empêcher tout endommagement de l'élément de protection en aval.
Tableau de sélectivité :	Le tableau sert à déterminer la limite de sélectivité. Jusqu'à la valeur de courant indiqué, seul l'élément de protection en aval déclenche.

Exemple



Un disjoncteur courbe B (MBN016) de 16 A, 6 kA est protégé par un fusible HPC de 80 A. Le court-circuit maximum au point d'installation peut comporter 16 kA.
À l'aide du tableau de coordination de filiation, on voit que le disjoncteur est protégé jusqu'à un courant de court-circuit de 25 kA.

Tableau de coordination - Filiation
Filiation pour disjoncteurs avec fusible HPC type gG

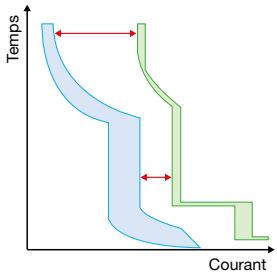
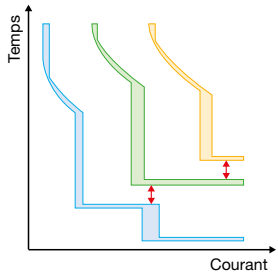
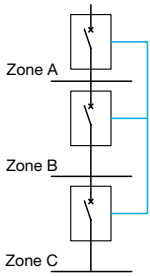
Série	Fusible HPC Type gG	Filiation* jusqu'à
MBN, MCN 6 à 40 A	50 A	50 kA
	63 A	40 kA
	80 A	25 kA
	100 A	25 kA
	125 A	25 kA
NBN, NCN, NDN, NRN, NSN 0,5 à 63 A	50 A	60 kA
	63 A	
	80 A	
	100 A	
	125 A	
NRN, NSN 20 à 63 A	160 A	60 kA

(*) Cycle de test de filiation selon EN 60947-2 (O-CO)

5.3 Sélectivité

Avec une sélectivité totale, seul le dispositif de protection le plus proche de l'endroit du défaut déclenche. Les éléments de protection non concernés ne déclenchent pas. Il existe différentes procédures pour atteindre la sélectivité totale. On parle essentiellement de sélectivité énergétique, sélectivité chronométrique et sélectivité de zone.

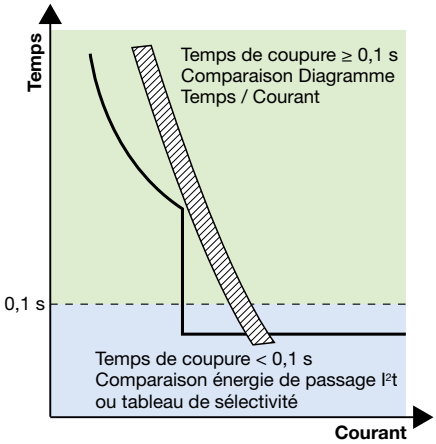
5.3.1 Types de sélectivité

	Sélectivité énergétique	**Sélectivité chronométrique**	**Sélectivité de zone**
	Échelonnement des courants d'excitation	Échelonnement des temps de déclenchement de court-circuit	Coupure sélective par localisation du court-circuit dans une zone
			
Disjoncteur (MCB)	✓		
Cartouche fusible basse tension HPC (NHS)	✓		
Disjoncteur de puissance compact (MCCB)	✓	✓	✓
Disjoncteur de puissance à construction ouverte (ACB)	✓	✓	✓

5.3.2 Sélectivité énergétique

Les valeurs de réponse des organes de protection en aval sont toutes échelonnées. En fonction de certaines conditions, on obtient une sélectivité totale ou partielle.

Pour la sélectivité totale, il faut observer séparément le comportement de coupure inférieur et supérieur à 0,1 seconde. Avec des forts courants de court-circuit, l'énergie de passage (I^2t) est déterminante pour la sélectivité, en sachant qu'il est possible de comparer les courbes de déclenchement pour des courants de court-circuit plus faibles.



Temps de coupure ≥ 0,1 seconde
L'analyse de sélectivité a lieu à l'aide de la comparaison des courbes dans le diagramme temps / courant. Il faut cependant observer que les courbes ne se chevauchent pas et que le décalage est suffisamment grand (pour la tolérance).

Temps de coupure < 0,1 seconde
L'énergie de passage, d'excitation ou de fusion est déterminante en présence de forts courants de court-circuit. Les valeurs sont déterminées par des essais complexes et, pour une représentation simplifiée, le planificateur dispose de différents tableaux de coordination.

Remarque :
Pour les appareils de protection avec systèmes de déclenchement électroniques, un échelonnement du déclenchement de courte durée permet d'obtenir une sélectivité également avec un haut niveau de court-circuit.

Exemples de tableaux de coordination - Sélectivité

Grandeur	Disjoncteur de puissance à construction ouverte ACB		800 A	1250 A		1600 A			
Disjoncteur de puissance compact MCCB	Type		AR208S	AR208H	AR212S	AR212H	AR216S	AR216H	AR220S
		Pouvoir de coupure	65 kA	65 kA	80 kA	65 kA	80 kA	100 kA	65 kA
TB2 S125	S125NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
	S125GJ	65 kA	T	T	T	T	T	T	T
TB2 S125	S160NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
	S160GJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
	S250NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
	S250GJ	65 kA	T	T	T	T	T	T	T

T = Sélectivité totale

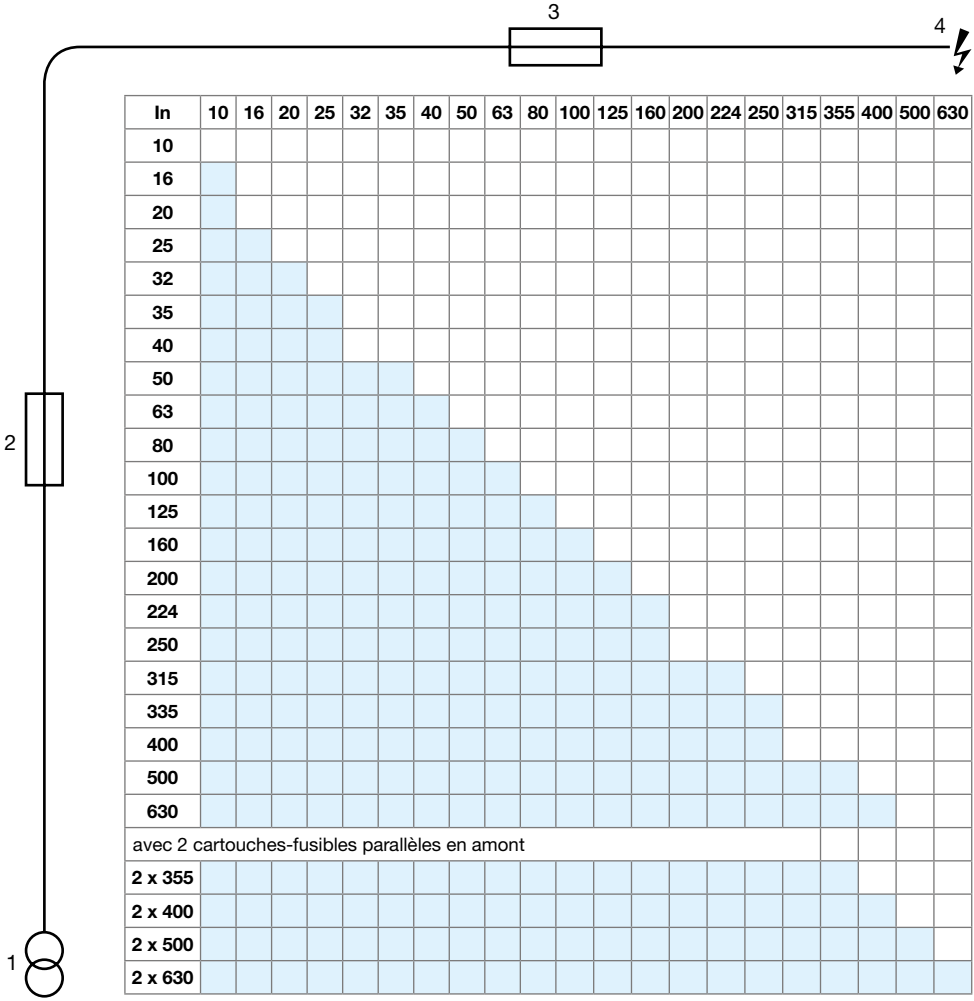
Disjoncteur de puissance compact MCCB / Disjoncteur de puissance à construction ouverte ACB
Si un disjoncteur de puissance compact MCCB est disposé en aval d'un disjoncteur de puissance à construction ouverte ACB, la constellation est alors à sélectivité totale.

Valeurs max. (kA)		En amont (côté entrée)	Pouvoir de coupure IEC 61009-1	Disjoncteur de puissance compact série x160 TM 25/40 kA										
				HHA, HNA										
En aval (côté charge)		In (A)		16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
FI-LS tétrapo-laire	Courbe B	6	6 kA	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	2,87	2,87	5,97	5,97	T
		10		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	2,36	2,36	4,94	4,94	5,55
		13		0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	2,19	2,19	4,34	4,34	4,83
		16		-	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	2,05	2,05	4,02	4,02	4,46
		20		-	-	0,85	0,85	0,85	0,85	1,89	1,89	3,61	3,61	3,99
		25		-	-	-	0,80	0,80	0,80	1,78	1,78	3,40	3,40	3,76
		32		-	-	-	-	-	0,80	1,68	1,68	3,19	3,19	3,53
		40		-	-	-	-	-	-	1,66	1,66	3,07	3,07	3,38

Valeurs dans le tableau en kA

Disjoncteur différentiel FI-LS / Disjoncteur de puissance compact MCCB
La constellation n'est pas dans tous les cas à sélectivité totale. Si le courant maximum de court-circuit en aval du FI-LS est inférieur à la valeur indiquée dans le tableau, la combinaison est alors à sélectivité totale.

Exemple de tableau de coordination : cartouches-fusibles HPC DIN 400 V~ gG



In	10	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160	200	224	250	315	355	400	500	630
10																					
16																					
20																					
25																					
32																					
35																					
40																					
50																					
63																					
80																					
100																					
125																					
160																					
200																					
224																					
250																					
315																					
335																					
400																					
500																					
630																					
avec 2 cartouches-fusibles parallèles en amont																					
2 x 355																					
2 x 400																					
2 x 500																					
2 x 630																					

sélectif

1 Transfo
2 Fusible amont
3 Fusible aval
4 Surcharge ou court-circuit

Fusible HPC / Fusible HPC
Il existe un tableau pour la coordination entre les fusibles HPC. Il n'est pas nécessaire de distinguer entre un temps de déclenchement supérieur et inférieur à 0,1 seconde.

Exemple de tableau de sélectivité de disjoncteurs

Limite (kA)	Placé en amont :												
		Courbe B											
Courbe B	In	6 A	10 A	13 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
	6 A	-	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	10 A	-	-	-	0,06	0,08	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	13 A	-	-	-	-	0,08	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	16 A	-	-	-	-	-	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	20 A	-	-	-	-	-	-	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	25 A	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	32 A	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	40 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,32	0,4	0,5
	50 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,4	0,5
	63 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5
	80 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
	100 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	125 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Valeurs dans le tableau en kA

Disjoncteurs / Disjoncteurs
Il est difficile d'obtenir une sélectivité entre des disjoncteurs. La connaissance des courants de court-circuit est indispensable. L'utilisation d'un disjoncteur sélectif pourrait ici être la solution.
Dans l'exemple ci-dessus, la combinaison est sélective jusqu'à 320 A.

Tableau de coordination - Sélectivité

Disjoncteur 6 kA B MBN

	Fusible HPC000/00 gG												
In (A)	**10 A**	**16 A**	**20 A**	**25 A**	**32 A**	**35 A**	**40 A**	**50 A**	**63 A**	**80 A**	**100 A**	**125 A**	**160 A**
6	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,2	1,5	2,3	2,6	4,9	T	T	T
10	-	0,1	0,2	0,4	0,9	1	1,3	1,9	2,2	3,9	T	T	T
13	-	0,1	0,2	0,4	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	3,2	5,5	T	T
16	-	-	0,2	0,4	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	3,2	5,5	T	T
20	-	-	-	-	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	2,7	4,7	T	T
25	-	-	-	-	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	2,7	4,7	T	T
32	-	-	-	-	-	-	0,9	1,2	1,4	2,5	4,3	T	T
40	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	2,5	4,3	T	T

Valeurs dans le tableau en kA

| - | = pas de sélectivité

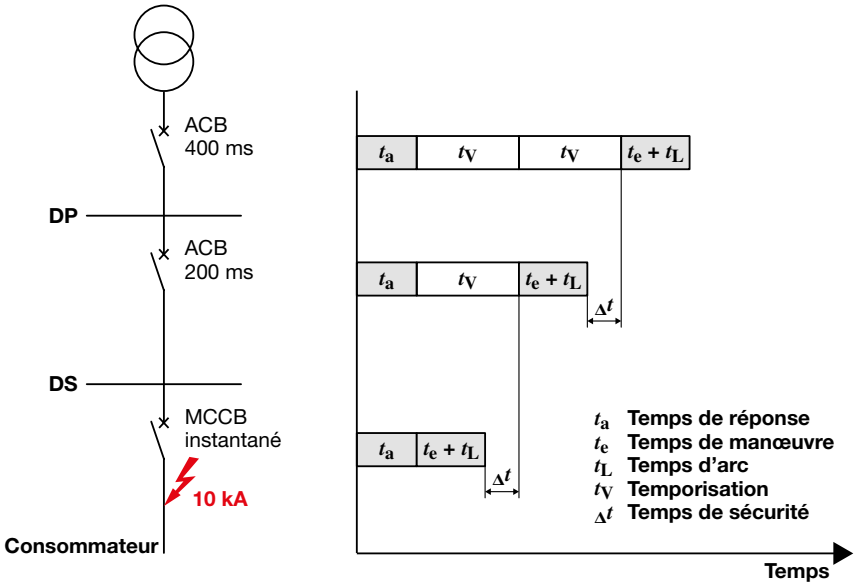
| T | = sélectivité totale jusqu'au pouvoir assigné de coupure de l'élément de protection en aval

La constellation HPC en tant que fusible amont pour le disjoncteur est fréquente. La vérification la plus fiable de la sélectivité s'effectue à l'aide d'un tableau de coordination.
L'exemple ci-dessus montre, pour les produits sélectionnés, que l'association d'un fusible de 80 A à un disjoncteur B16 A est à sélectivité totale jusqu'à 3,2 kA.
Le pouvoir de coupure des éléments de protection est à vérifier séparément.

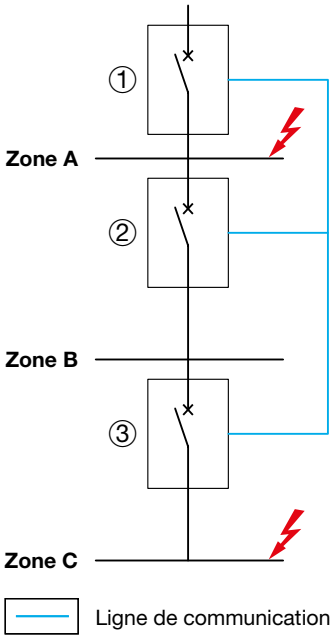
5.3.3 Sélectivité chronométrique

Avec plusieurs dispositifs de protection disposés en ligne, il se peut qu'il soit impossible d'atteindre la sélectivité totale avec la sélectivité énergétique. Lors de l'utilisation de disjoncteurs de puissance à construction ouverte, il est possible d'échelonner les temps de déclenchement (déclencheur S) en présence d'un court-circuit à intensité élevée. Les temporisations se situent entre 50 et 150 ms et dépendent du fabricant.

Il peut être nécessaire d'appliquer la sélectivité chronométrique pour des distributions principales avec des forts courants de court-circuit.



5.3.4 Sélectivité de zone



Si un court-circuit se produit dans la zone C, tous les éléments de protection détectent alors ce court-circuit et seul l'élément 3 déclenche. Si le court-circuit se produit dans la zone A, alors seul le dispositif 1 déclenche. Indépendamment de l'emplacement du court-circuit, le déclenchement s'effectue dans les 50 ms. Cela est possible, car les éléments de protection communiquent entre eux.

Les temps de coupure réduits par rapport à la sélectivité chronométrique entraînent une charge thermique et mécanique réduite au sein du système.

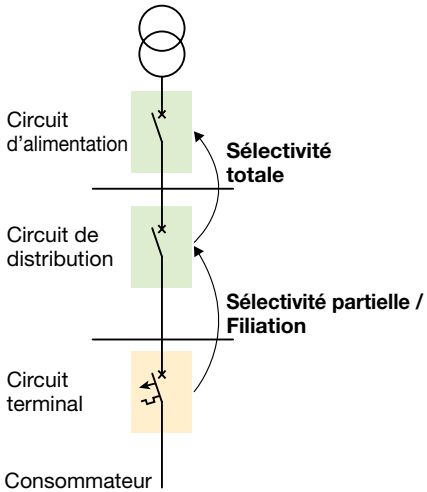
Les domaines d'application possibles sont des constellations avec plusieurs éléments de protection en série. Dans ce cas, il est possible de réduire la charge thermique et mécanique des installations et des appareillages.

5.4 Concept de sélectivité

Le concept de sélectivité devrait être établi avant la planification / l'exécution. Il peut avoir des répercussions directes sur les alimentations. L'étendue et les coûts peuvent varier considérablement, en partant de simples installations avec une alimentation jusqu'aux grandes installations avec des génératrices de secours et des systèmes ASI. Pour des grandes installations, il faut utiliser des programmes de simulation et les concepts peuvent être extrêmement complexes. Ce chapitre traite des installations simples avec les points essentiels.

Attention :	Le concept de sélectivité est à établir avant la planification d'exécution. Si la sélectivité totale est requise, la simulation du réseau et les résultats en sont une base fondamentale. Les courants de court-circuit sont la base pour la vérification de la sélectivité.

5.4.1 Exigences



Il faut en premier lieu décider quelles installations requièrent une chaîne de protection à sélectivité totale. Normalement, cette exigence est requise pour les installations suivantes :

- Consommateurs sur alimentation de secours
- Installations avec une exigence élevée en matière de disponibilité
- Éléments de protection qui, en cas de déclenchement, entravent considérablement l'exploitation
- Éléments de protection qui peuvent déclencher fréquemment
- Éléments de protection avec en amont des éléments de protection dont l'accès est difficile

En plus de l'analyse de sélectivité, les exigences suivantes peuvent également jouer un rôle :

- Intégration d'installations existantes
- Exigences du client
- Commande d'alimentation de secours

5.4.2 Courants de court-circuit

Pour l'évaluation de la sélectivité et de la filiation, il faut déterminer les courants de court-circuit aux points d'installation des éléments de protection. Le courant de court-circuit maximum et minimum est requis pour les installations simples.
Pour des installations avec plusieurs alimentations et des systèmes d'alimentation de secours, il faut déterminer les courts-circuits dans tous les modes de fonctionnement. C'est la seule façon de garantir que le concept de protection convient pour tous les modes de fonctionnement. Les modes de fonctionnement suivants peuvent être nécessaires :

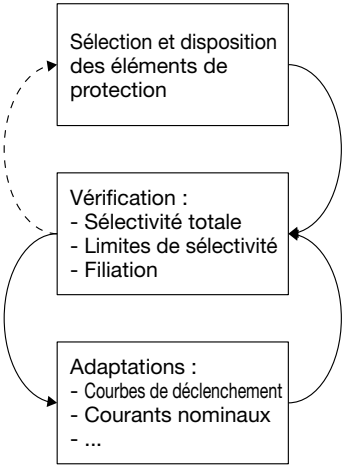
- Alimentation parallèle avec plusieurs transformateurs
- Alimentation avec un seul transformateur
- Exploitation isolée avec une génératrice de secours
- Exploitation en réseau parallèle ASI - Mode batterie

Attention :	Dans des installations opérant avec une génératrice de secours ou une ASI, il peut être nécessaire de devoir sélectionner une puissance nominale supérieure afin que les courants de court-circuit soient suffisamment élevés pour respecter une demande de protection à sélectivité totale.

Les courants de court-circuit se laissent déterminer comme suit :

- Tableaux de courts-circuits de transformateurs
- Fiches techniques d'installation ASI / de génératrices diesel
- Avec nomogramme conforme à la NIBT 2015 4.3.4
- Programme de simulation

5.4.3 Sélection et disposition des éléments de protection



La tâche la plus difficile est la sélection et la disposition des éléments de protection, laquelle se termine par la vérification de la sélectivité totale, des limites de sélectivité et de la filiation.

Si les conditions ne sont pas remplies, il faut effectuer des adaptations au niveau des courbes de déclenchement, courants nominaux, etc.

Dans des grandes installations, il est possible que les exigences ne soient pas remplies dans un premier temps. Dans ce cas, il faut alors réadapter la sélection et la disposition des éléments de protection.

Les tableaux suivants indiquent des dispositions usuelles avec les avantages et caractéristiques correspondants.

Info :	En connectant en série le moins possible d'éléments de protection, il sera plus facile de vérifier la sélectivité totale.

		Placé en amont			
		Disjoncteur MCB	**Cartouche fusible basse tension HPC (NHS)**	**Disjoncteur de puissance compact MCCB**	**Disjoncteur de puissance à construction ouverte ACB**
Placé en aval	**Disjoncteur MCB**	Faible sélectivité, hormis lors de l'utilisation d'un disjoncteur sélectif (SLS)	Excellente filiation et sélectivité limitée	Bonne filiation et sélectivité limitée	
	Cartouche fusible basse tension HPC (NHS)		Sélectivité très élevée et coordination très simple	Sélectivité totale seulement si le courant assigné du HPC est très faible par rapport au courant nominal du MCCB	Atteinte possible de la sélectivité totale avec déclencheur à surintensité à déclenchement retardé (déclencheur S)
	Disjoncteur de puissance compact MCCB		Coordination compliquée en cas de court-circuit. L'énergie de passage du MCCB doit être comparée à la valeur de fusion du HPC.	Sélectivité élevée à totale possible	Sélectivité totale aisément possible
	Disjoncteur de puissance à construction ouverte ACB				Sélectivité totale aisément possible

Vérification à l'aide de tableaux de coordination, diagrammes (temps / courant, énergie de passage)

Vérification à l'aide de la configuration des réglages de protection / déclencheurs

		Éléments de protection			
		Disjoncteurs	**Cartouche fusible basse tension HPC (NHS)**	**Disjoncteur de puissance compact MCCB**	**Disjoncteur de puissance à construction ouverte ACB**
Type de circuit	**Circuit d'alimentation**		Pour des installations avec forts courants de court-circuit ou haut degré d'encrassement	Pour petites alimentations avec simples exigences de sélectivité	Convient parfaitement pour sélectivité énergétique, sélectivité chronométrique et sélectivité de zone
	Circuit de distribution	Disjoncteur sélectif peut convenir	Convient parfaitement dans le domaine filiation et pour la sélectivité totale	Convient parfaitement dans le domaine filiation et pour la sélectivité totale	Convient parfaitement pour sélectivité énergétique, sélectivité chronométrique et sélectivité de zone ; intensité de courant nominal évtl. trop élevée
	Circuit terminal	Avec des forts courants de court-circuit, le disjoncteur requiert une filiation et a une sélectivité partielle. Avec des faibles courants de court-circuit, le disjoncteur a une sélectivité totale	Non optimal, car il faut respecter des temps de coupure et remplacer le fusible après un déclenchement	Convient bien pour des forts courants de court-circuit et une sélectivité totale	

Sélection et disposition des éléments de protection

ACB DP HPC DS LS	ACB DP MCCB DS LS	ACB DP SLS DS LS	ACB DP MCCB DS MCCB	ACB DP MCCB
Le système a une sélectivité totale avec des faibles courants de court-circuit, et le HPC et le MCCB servent de filiation avec des forts courants de court-circuit. Un disjoncteur avec un pouvoir de coupure nominal supérieur à une limite de sélectivité supérieure.		Sélectivité totale jusqu'au pouvoir de coupure maximum du disjoncteur. Avec le disjoncteur sélectif (SLS), le pouvoir de coupure nominal doit être supérieur au courant de court-circuit dans la distribution principale (DP).	La disposition a une sélectivité totale, même avec des forts courants de court-circuit. Il convient d'observer la coordination entre les disjoncteurs de puissance compacts (MCCB).	Principe de sélectivité le plus simple. La valeur du pouvoir de coupure nominal du MCCB doit dépasser celle du courant de court-circuit dans la distribution principale.

Notes

Siège principal

Hager SA
Sedelstrasse 2
6020 Emmenbrücke
Tél. 041 269 90 00

Filiales commerciales

Hager SA
Chemin du Petit-Flon 31
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. 021 644 37 00

Hager SA
Glattalstrasse 521
8153 Rümlang
Tél. 044 817 71 71

Hager SA
Ey 25
3063 Ittigen-Bern
Tél. 031 925 30 00

hager.ch

PR-3-3003-FSP1703 V2305

imprimé en
suisse