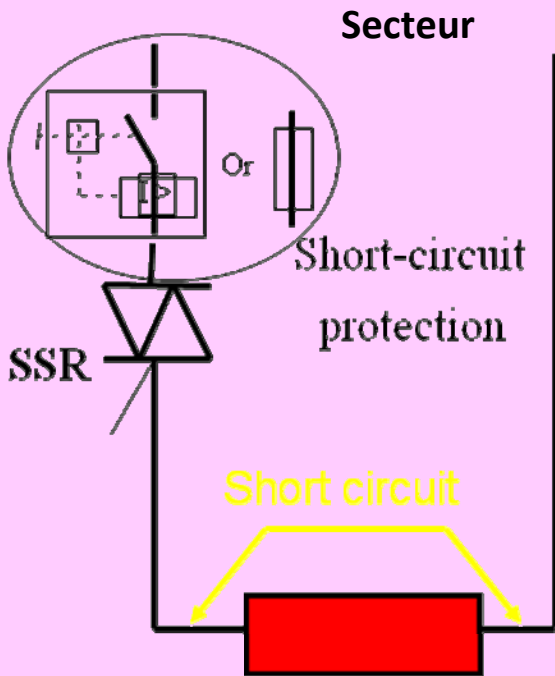


Protection des relais statiques contre les court-circuits



Fusibles



$$I^2t \text{ fusible} < I^2t \text{ relais}$$

Disjoncteur modulaire



$$I^2t \text{ relais} > 5000A^2s$$



Sommaire

I- Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	page 3
II- Protection par fusibles	
➤ I²t des relais celduc et type de fusibles	page 4
➤ Choix de fusible rapides	page 5
➤ Fusibles rapides dans les applications chauffage AC-51	page 6
➤ Choix de fusibles standards	page 7
➤ Applications moteurs (AC-53) et choix des fusibles aM	page 8
➤ Rapports de tests celduc dans les laboratoires FERRAZ	page 9
III- Protection par disjoncteurs	page 10
➤ Courbes de déclenchement	page 11
➤ Disjoncteurs courbes Z et choix	page 12
➤ Disjoncteurs courbes K et choix	page 13
➤ Autres types de courbes : B, C	page 14
➤ Applications moteurs AC-53 et protection par disjoncteurs	page 15
➤ Tests celduc tests dans le laboratoire ABB	page 16
IV- Autres charges : lampes infrarouges	page 17
V- Conseils en cas de court-circuit	page 18

I- **Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)**

Les normes IEC/EN 60947-4-x, admettent deux types de coordination, le type 1 ou le type 2.

- **La coordination de type 1** exige qu'en conditions de court-circuit, l'appareil ne cause pas de danger aux personnes ou à l'installation et peut ne pas être en état de fonctionnement pour d'autres services sans réparation ou remplacement de pièces.
 - ⇒ **Ce qui signifie que dans le cas de relais statiques avec des charges où le risqué de court-circuit de la charge est faible, ce type de coordination type 1 est bien adapté. Dans ce cas, l'installateur doit simplement choisir sa protection pour protéger l'installation et les personnes.**
Par contre en cas de court-circuit le dispositif de protection, ainsi que le relais devront être changés.

- **La coordination de type 2** exige qu'en conditions de court-circuit, l'appareil ne cause pas de danger aux personnes et à l'installation et doit convenir à un usage ultérieur. Pour les gradateurs et contacteurs hybrides, le risque de soudure de contacts est admis, dans ce cas le constructeur doit indiquer les mesures à prendre pour la maintenance du matériel.
 - ⇒ **Ce qui signifie que dans le cas de relais statiques avec des charges où le risque de court-circuit de la charge est plus élevé, ce type de coordination type 2 doit être choisi. Dans le cas, l'installateur doit adapter le relais et la protection afin que le relais reste opérationnel après un court-circuit. Les pages suivantes de ce document vous aideront à bien déterminer la protection en fonction du type de relais, mais aussi du courant présumé de court-circuit de l'installation.**

II- Protection par fusibles

Fusibles



$$I^2t_{\text{fusible}} < I^2t_{\text{relais}}$$

Coordination Type 1:

Utiliser des fusibles standards capables de protéger l'installation.

En cas de court-circuit, le relais pourra être endommagé et devra très certainement être remplacé. Dans tous les cas, il devra être testé, y compris en isolement.

Coordination Type 2:

Utiliser un fusible avec un $I^2t < I^2t_{\text{SSR}}$

Gamme de relais statiques celduc .

Grace à une technologie thyristors haute performance (technologie TMS²), **celduc** possède la gamme de relais statiques avec des I^2t les plus importants du marché (>20000A²s pour les modèles 125A)



Courant nominal	12A	25A	35A	50A	75A	95A	125A
I ² t min (A ² s)	72	312	800	1500	5000	11250	20000
I ² t typ (A ² s)	128	600	1250	2500	7200	14400	24000

Pour avoir une bonne coordination la règle de base est la suivante :
 $I^2t_{\text{fusible}} < \frac{1}{2} I^2t_{\text{typique du relais statique}}$

celduc a réalisé beaucoup d'essais de relais dans le laboratoire de FERRAZ.

Les spécifications des fusibles sont généralement données dans les conditions les pires avec la tension maximale et avec un courant présumé de court-circuit défini.

Des coefficients de correction peuvent être apportés pour prendre en compte la tension réelle d'utilisation, Pour plus de détails voir les spécifications des constructeurs de fusibles.

Pour la sélection des fusibles, un élément important est la fatigue thermique. Pour cette raison, la valeur du courant du fusible doit avoir une bonne marge de sécurité par rapport au courant nominal de la charge.

En fonction de la charge et des courants de pointe dans la charge différents types de fusible sont possible :

- Fusibles d'usage général (rapide, medium ou temporisé)
- Fusibles rapides pour semi-conducteurs (modèles "GR" or "UR")
- Fusibles de protection moteur : types "aM"

Exemples avec fusible rapides FERRAZ

(solutions testées avec relais celduc dans le laboratoire FERRAZ)

Comparer l'I²t du fusible avec l'I²t typique du relais statique.
Appliquer si nécessaire un coefficient K de correction en fonction de la tension d'utilisation (voir fig 1).

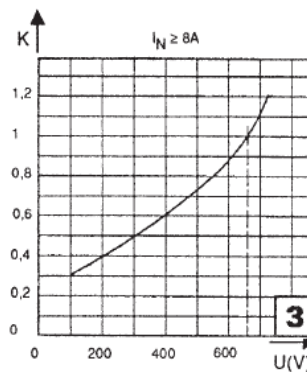


Fig 1

10x38 gRB - 690VAC

Voltage Rating (VAC)	Rated current I _n (A)	Pre-arcing Pt I ² tp (A ² s)	Total Pt at 660VAC I ² tt (A ² s)	Dissipated power		Peak arc voltage (V)	Breaking capacity I (kA)
				at I _n (W)	at 0.8 I _n (W)		
690	1	0,075	0,28	0,9	0,52	2500	160 kA 690 V (IEC)
	1,25	0,115	0,36	1,25	0,7		
	1,5	0,185	0,57	1,5	0,81		
	2	0,42	1,3	2	1,1		
	2,5	0,88	2,7	2,1	1,15		
	3	1,55	4,6	2,3	1,25		
	4	4	12	2,6	1,35		
	5	8,6	25	2,7	1,4		
	6	15	44	2,9	1,5	1450	
	8	3,3	33	2,4	1,35		
	10	5,4	55	3,4	1,85		
	12,5	8,5	82	3,4	1,9		
	16	16	145	4,1	2,3		
	20	230	250	4,3	2,4		
25	58	470	4,7	2,7			
30 (32*)	96	740	5	2,9			



14x51 gRC(URC) - 600 V to 690 VAC

Main Characteristics

Voltage rating U _N U _V	Class	Current rating I _N (A)	Pre-arcing I ² t @ 1 ms I ² tp (A ² s)	Total clearing I ² t @ U _N I ² tt (A ² s)	Watts loss		Tested Breaking capacity	Estimated Breaking capacity
					0.8 I _N	I _N		
690	gRC	1	0.8/0.31*	3.5/1.4*	0.17	0.35	100k A @ 690 V	300k A @ 690 V
		2	1.5/1*	6.7/4.3*	0.33	0.60		
		4	7.2/6.7*	33/30*	0.77	1.4		
		6	1.4	19	1.3	2.5		
		8	2.4	30	1.5	3.0		
		10	4.3	44	1.75	3.3		
		12	5.4	65	2.25	4.25		
		16	13	110	2.5	4.8		
		20	27	175	2.75	5.25		
		25	53	300	3.0	5.8		
		32	97	550	3.5	7.0		
		40	210	1210	4.5	8.8		
		50	390	2250	5.0	10		
600	URC	63	440	2200	8.0	16	100k A @ 600 V	300k A @ 600 V



22x58 gRC (URD) - 600 V to 690 VAC

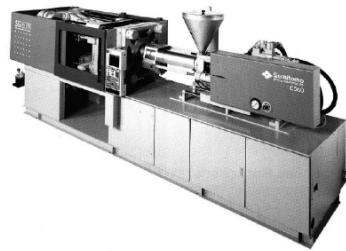
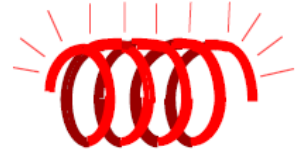
Voltage rating U _N (V)	Class	Current rating I _N (A)	Pre-arcing I ² t @ 1 ms I ² tp (A ² s)	Total clearing I ² t @ U _N I ² tt (A ² s)	Watts loss		Tested Breaking capacity	Estimated Breaking capacity
					0.8 I _N	I _N		
690	gRC	20	17	125	4.0	6.5	100k A @ 690 V	300k A @ 690 V
		25	39	280	4.5	7.5		
		32	72	490	5.0	9.0		
		40	118	785	5.5	10		
		50	242	1390	7.0	11.5		
		63	430	2460	8.0	13.5		
		80	970	5565	9.0	15.5		
		100	2080	11950	10	17		
		600	URD	125	2900	14000		
135	3360			17700	15	25		



Exemple: gRC50 14x51 : Total I²t @ 690VRMS = 2250A²s
En utilisation 400VRMS, K = 0.6 → I²t devient 1350A²s

Applications AC-51 (applications chauffage)

Protection par fusible rapide en coordination type 2



Examples of choice

Courant de charge	<8A	<15A	<25A	<30A	<55A	<70A	<90A
Courant nominal du relais	12A	25A	35A	50A	75A	95A	125A
I2t du relais (A2s)	72	312	800	1500	5000	11250	20000
Exemple de fusible FERRAZ	gRC12	gRC20	gRC32	gRC40	gRC63	gRC80	URD125
I2t du fusible (A2s) avec 100KA @690VAC (*)	65	175	550	1210	2460	5565	14000

(*): Avec un courant présumé de court-circuit et une tension d'utilisation plus faible, l'I2t du fusible sera plus faible. La courbe fig 1 donne un coefficient multiplicateur de 0.6 pour une tension de 400VAC.

Des fusibles similaires sont possibles chez d'autres fabricants de fusibles

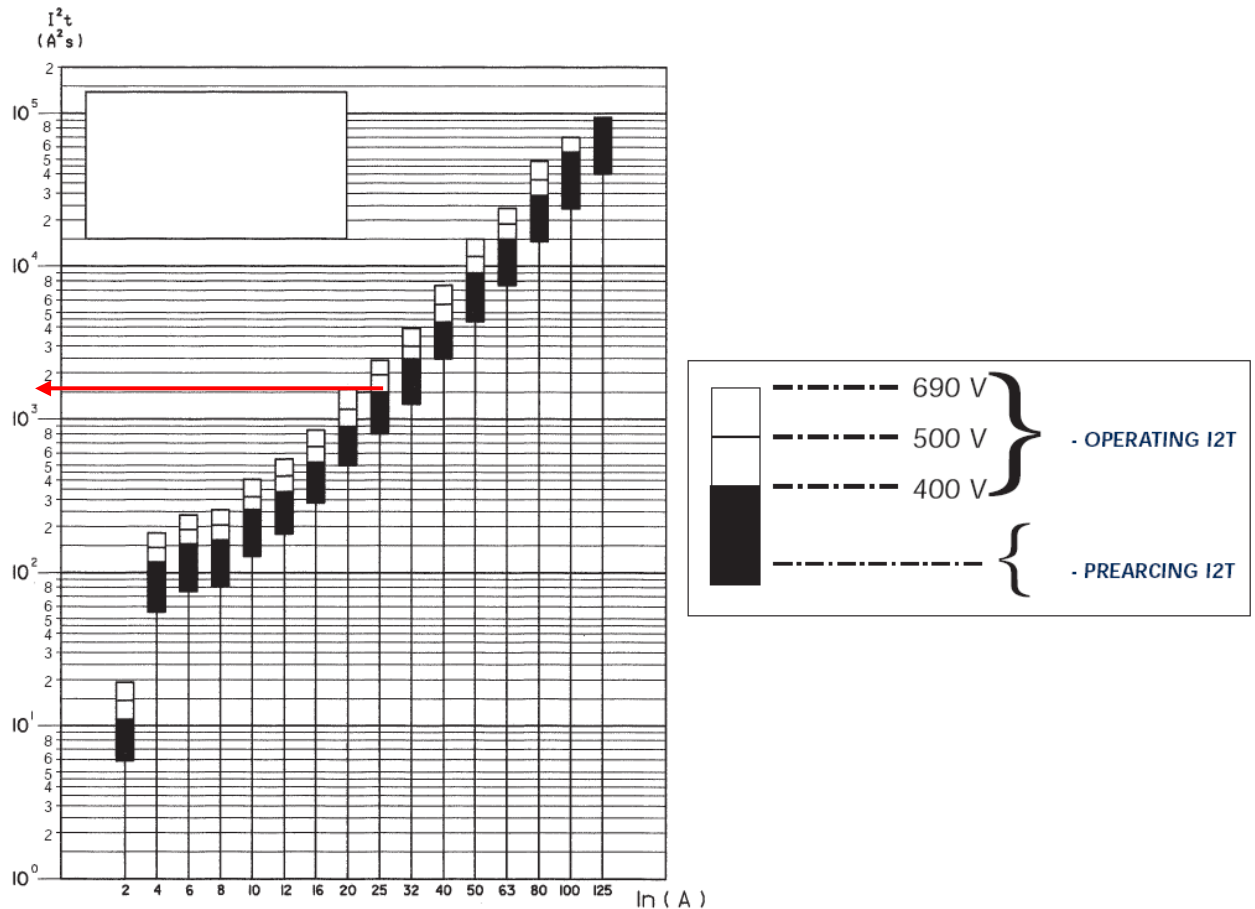
Exemples de protection avec des fusible d'usage général.

General Purpose Fuses IEC

**Ferrule Fuses
gG 400V to 690V
with/without Striker
gG 8x32, 10x38, 14x51, 22x58**

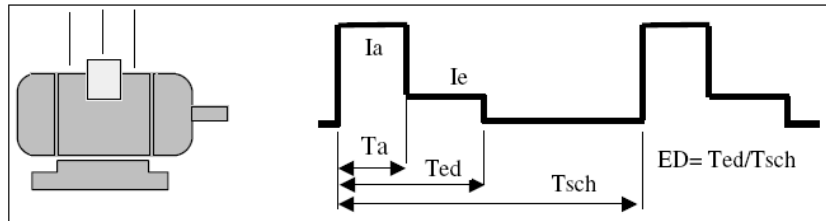
Une protection correcte peut être faite en coordination type 2, à condition d'avoir une bonne coordination entre l' I^2t du fusible et l' I^2t du relais.

Characteristics I2t



Exemple: Avec un fusible 20A et un relais de 50A (min I^2t 1500A²s/typ 2500A²s), la protection est correcte pour une coordination de type 2 et une tension de 400VAC (limite noire)

Applications AC-53 (applications Moteurs)

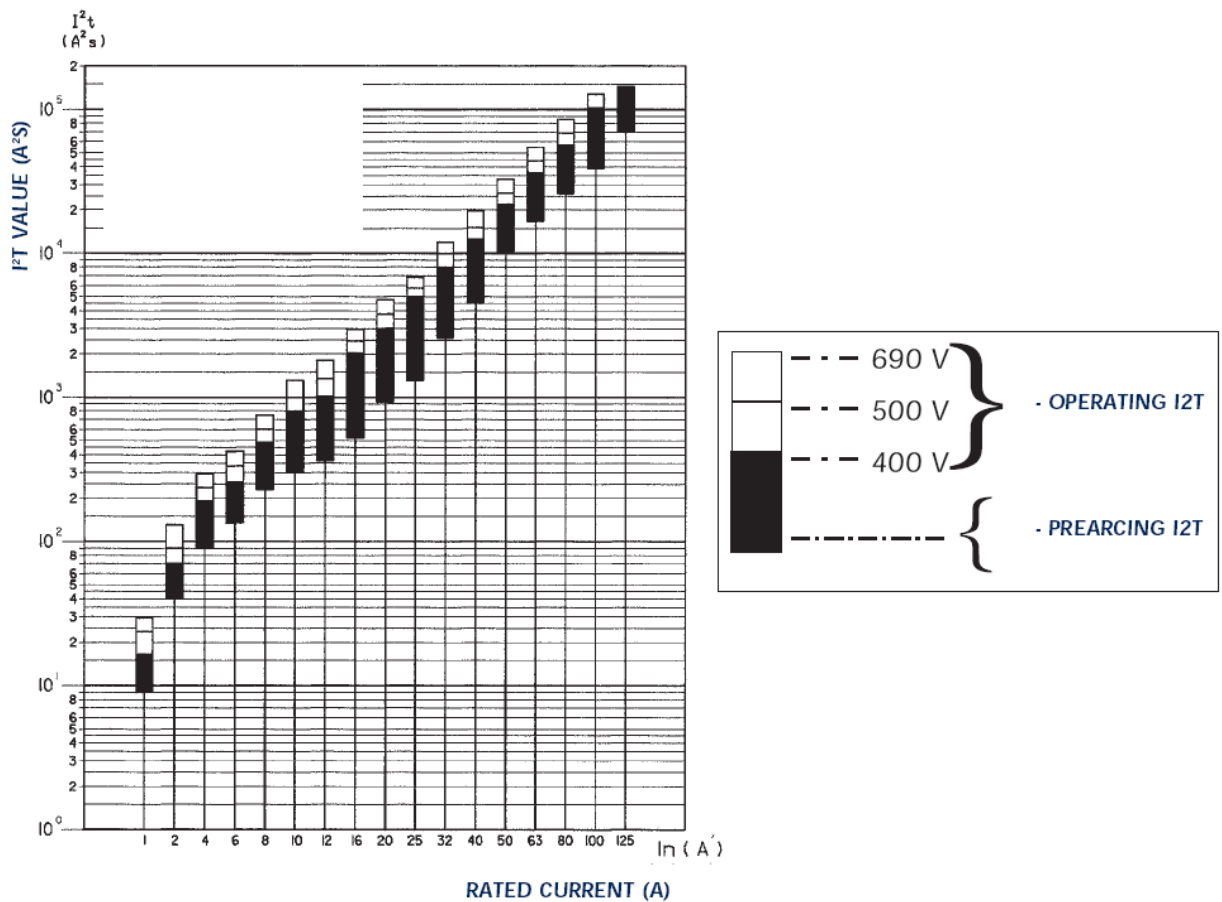


I_a : Starting current T_a : Starting time $I_e = I_{AC-53}$ = Nominal current
 T_{ed} : On time T_{sch} : ON+OFF time $ED = T_{ed}/T_{sch}$: duty cycle

La norme IEC/EN 60947-4-x, donne des courants de démarrage $I_a = 8 \times I_e$ (courant nominal du moteur) pendant $T_a = 1.6$ secondes.

celduc a testé des fusible aM taille 14 x 51mm dans le laboratoire Ferraz

Characteristics I2t

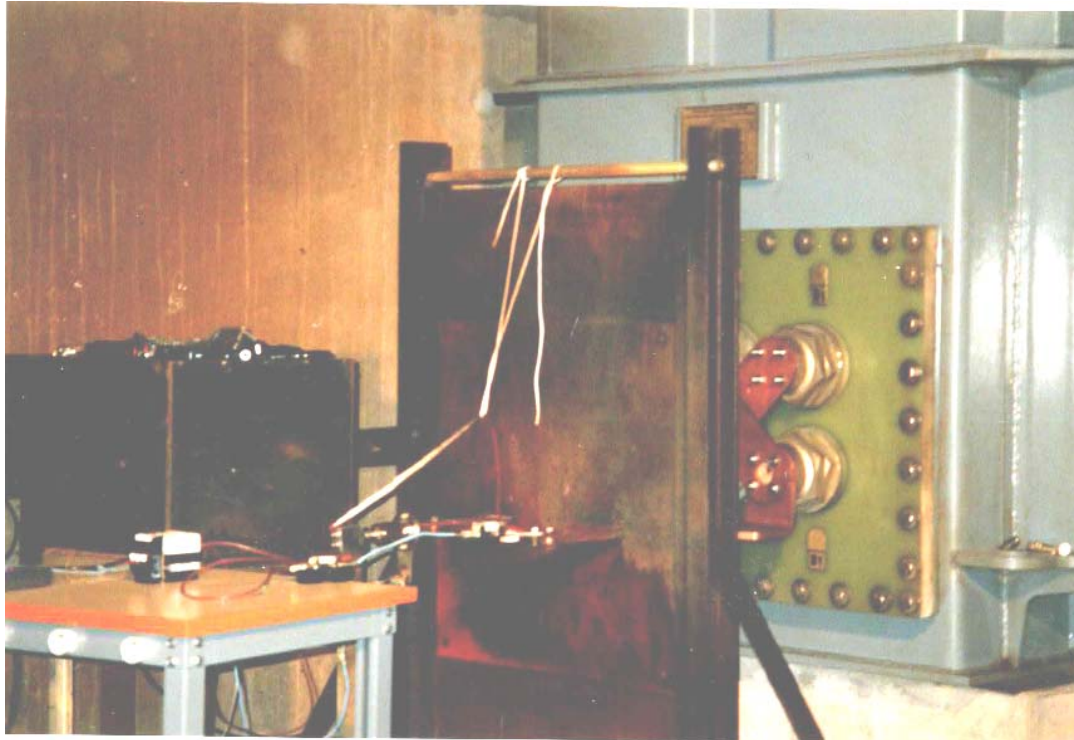


En fonction de ces courbes et des essais réalisés, celduc conseille:

Courant nominal du moteur (AC-53)	< 7A	<12A	<16A	< 23A
Courant de démarrage	56A/1.6s	96A/1.6s	128A/1.6s	184A/1.6s
Relais statique	50A	75A	95A	125A
Fusible	aM 12	aM 20	aM32	aM50

Ces combinaisons ont été testées avec succès dans le laboratoire FERRAZ avec un courant présumé de court-circuit de 100KA et des tensions réseau de 500VAC. Sur demande, nous pouvons vous fournir des résultats d'essais.

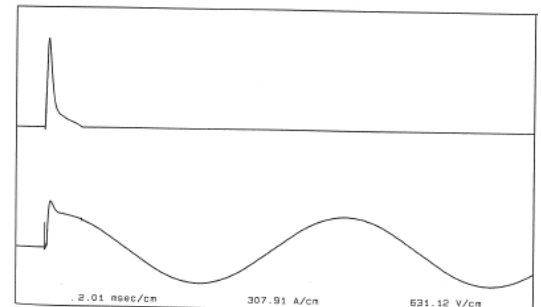
Exemples de tests réalisés dans le laboratoire en FRANCE (Rapport N°13610)



Vu sur le montage de test avec une sortie transformateur permettant d'avoir un courant de court-circuit présumé de 100KA.

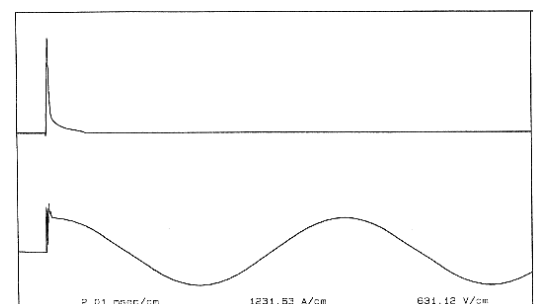
- 1) Test avec un fusible gRC 25A 14x51mm**
avec $U = 525\text{VRMS}$, $\cos \phi = 0.4$ et un relais 50A
courant à la fin du préarc : 874A
Prearc I^2t : 47A²s et I^2t total = 286A²s
Temps Prearc : 0.18ms
Temps total ouverture : 2.58ms

➤ Le relais est fonctionnel après court-circuit



- 2) Test avec fusible "aM" pour moteur: am16A**
avec $U = 525\text{VRMS}$, courant présumé de court-circuit : 106000A ; $\cos \phi = 0.19$ et relais statique 75A .
courant à la fin du préarc: 4024A
Temps Prearc I^2t : 657A²s et I^2t total = 1858A²s
Temps Prearc : 0.12ms
Temps total ouverture: 2.75ms

➤ Le relais est fonctionnel après court-circuit



III- Protection avec disjoncteurs modulaires



- Ces disjoncteurs sont donnés pour deux valeurs de courant de coupure qui sont marqués sur le produit :
- Valeur I_{cn} en regard de la norme IEC/EN 60898, qui est la valeur maximale de courant de court-circuit acceptable dans des conditions normales.
 - Valeur I_{cu}/I_{cs} en regard de la norme IEC/EN 60947-2, qui est la valeur maximale de courant ultime que le disjoncteur est capable d'ouvrir, mais dans ces conditions après un tel courant de court-circuit le disjoncteur doit être changé.

Généralement, le courant présumé de court-circuit pour ce type de disjoncteur est limité à 10 KA voir 25KA.

Différentes courbes de disjonction sont possibles : courbes B, C, D , K et Z

Tripping characteristics

Acc. to	Tripping characteristic and rated current	Thermal release ①		Tripping time	Electromagnetic release ②		Tripping time
		Current: conventional non-tripping c.	conventional tripping c.		Currents: hold current surges	trip at least at	
IEC/EN 60898	B 6 to 63 A	$1.13 \cdot I_n$	$1.45 \cdot I_n$	> 1 h < 1 h	$3 \cdot I_n$	$5 \cdot I_n$	> 0.1 s < 0.1 s
	C 0.5 to 63 A	$1.13 \cdot I_n$	$1.45 \cdot I_n$	> 1 h < 1 h	$5 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	> 0.1 s < 0.1 s
	D 0.5 to 63 A	$1.13 \cdot I_n$	$1.45 \cdot I_n$	> 1 h < 1 h	$10 \cdot I_n$	$20 \cdot I_n$	> 0.1 s < 0.1 s
DIN VDE 0660/9.82	K 0.5 to 63 A	$1.05 \cdot I_n$	$1.2 \cdot I_n$	> 1 h < 1 h	not applicable		
IEC/EN 60947-2 DIN VDE 0660 8/69 Part 101		$1.05 \cdot I_n$	$1.2 \cdot I_n$ $1.5 \cdot I_n$ $6.0 \cdot I_n$	> 2 h < 1 h ③ < 2 min. ③ > 2 s (T1)	$10 \cdot I_n$	$14 \cdot I_n$	> 0.2 s < 0.2 s
DIN VDE 0660/9.82	Z 0.5 to 63 A	$1.05 \cdot I_n$	$1.2 \cdot I_n$	> 1 h < 1 h	not applicable		
IEC/EN 60947-2 DIN VDE 0660 8/69 Part 101		$1.05 \cdot I_n$	$1.2 \cdot I_n$ $1.5 \cdot I_n$ $6.0 \cdot I_n$	> 2 h < 1 h ③ < 2 min. ③ > 2 s (T1)	$2 \cdot I_n$	$3 \cdot I_n$	> 0.2 s < 0.2 s

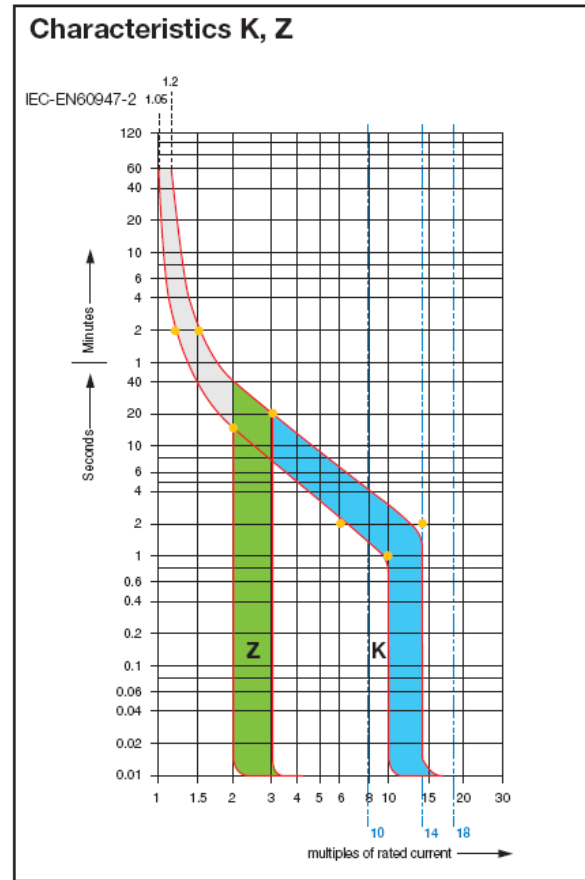
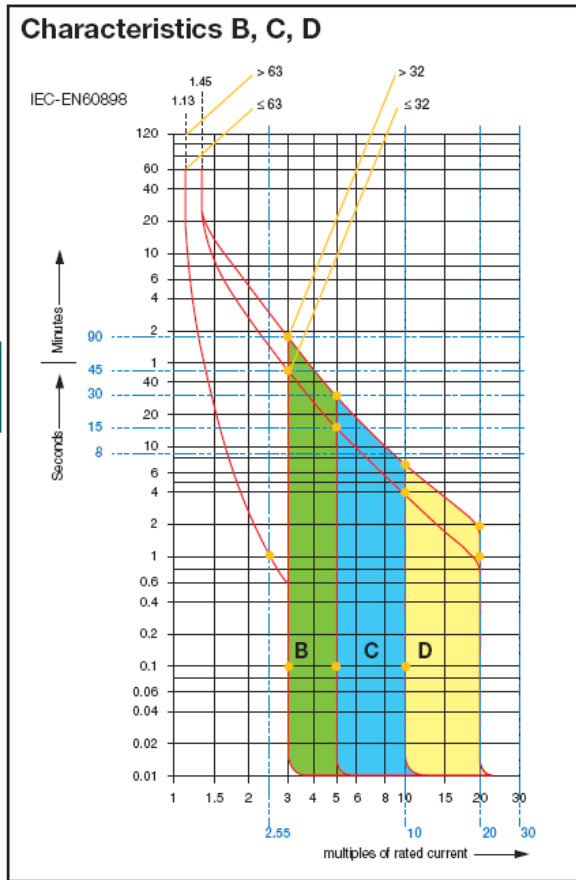
RAPPEL :

coordination Type 1:

Adapter la protection disjoncteur à l'installation. En cas de court-circuit le relais peut être endommagé, il sera remplacé.

Coordination Type 2: l' I^2t "laissé passé" par le disjoncteur doit être inférieur à l' I^2t du relais.

Courbes disjonction MCB (Miniature Circuit Breakers)



Limitation de la valeur I^2t laissée passée par le MCB

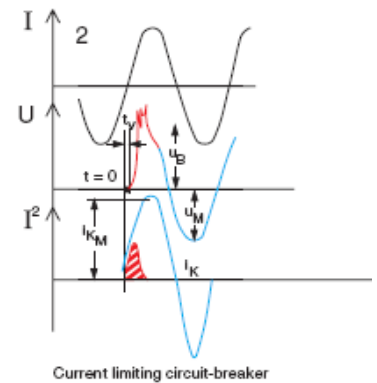
Protéger une installation contre un court-circuit de la charge par un disjoncteur prend un certain temps en fonction des caractéristiques du disjoncteur et la valeur du courant de court-circuit.

Au cours de cette période, une partie ou la totalité des courants de court-circuit passe dans le circuit, le paramètre I^2t définit l'énergie «laissée-passée» dans l'installation pendant la phase d'ouverture du disjoncteur.

De cette façon, nous pouvons déterminer la capacité d'un disjoncteur à l'ouverture.

Les mécanismes de ces disjoncteurs qui s'ouvrent très rapidement ont les avantages suivants :

- Ils limitent le courant crête de court-circuit, donc les effets thermiques et dynamiques tant sur le coupe-circuit et sur le circuit protégé ;
- Sans réduire la capacité de rupture, ils permettent de réduire la dimension du disjoncteur, donc un gain d'encombrement et de coût.
- Ils réduisent considérablement les gaz ionisés émis lors du court-circuit et donc ils évitent le risque d'inflammation et les incendies.



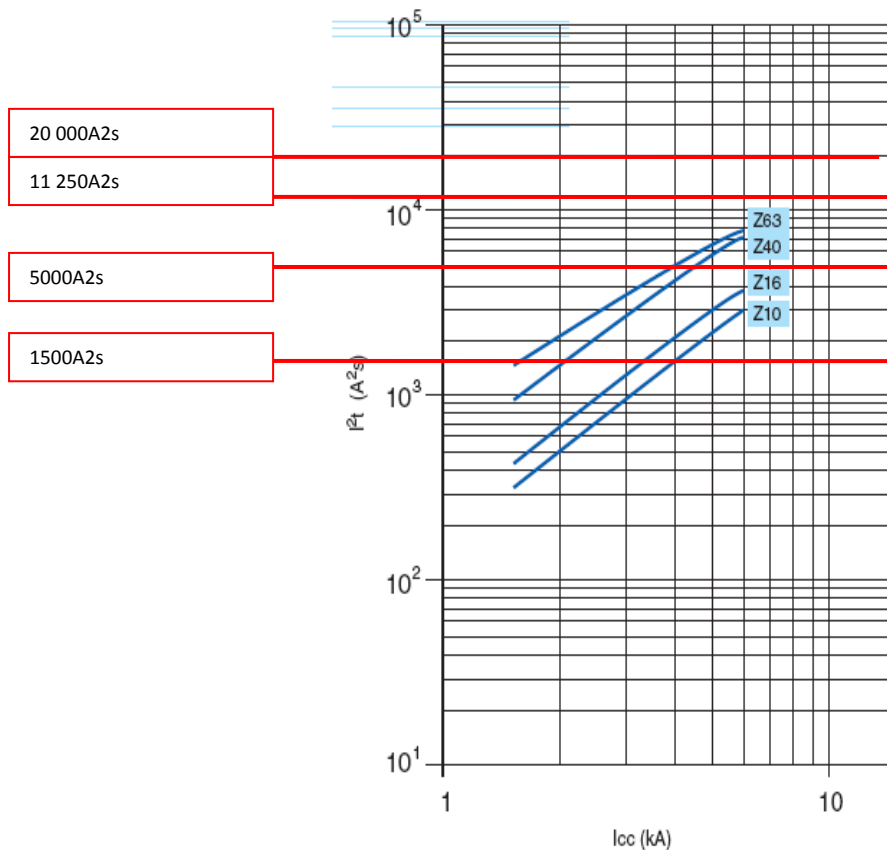
Short-circuit current

- red** = effective short-circuit current squared
- blue** = estimated short-circuit current squared (shunted circuit-breaker)
- i_{KM}** = maximum values of symmetrical component of short-circuit current squared
- shaded in red** = specific let-through energy in two cases

celduc a réalisé différent essais dans les laboratoires ABB et la conclusion est qu'une protection court-circuit est possible en coordination type 2 avec des disjoncteurs rapides associés à des relais statiques fort I2t, tout cela dans la limite de courant présumé de court-circuit.

Les premiers tests ont été réalisés avec des disjoncteurs S280 courbes Z.
Les résultats d'essais peuvent être envoyés sur demande clients.

S280 characteristics Z 230/400V let-through energy (I2t laissé passé)



Nous pouvons voir qu'avec un relais statique avec un I2t de 5000A2s (typiquement 7200A2s), l'installation et le relais sont correctement protégés avec des disjoncteurs Z10 et Z16 pour un courant présumé de courant I_{cc} < 7KA.

Avec un disjoncteur Z40 nous sommes limités à un I_{cc} de 4500A.

Pour atteindre des courants présumés de court-circuit de 10kA, il est nécessaire d'utiliser des relais de calibre 95A avec un i2t > 11250A2s

Avec un relais 50A (1500A2s) et un disjoncteur Z16 le courant I_{cc} ne doit pas dépasser 2KA.

Conclusion

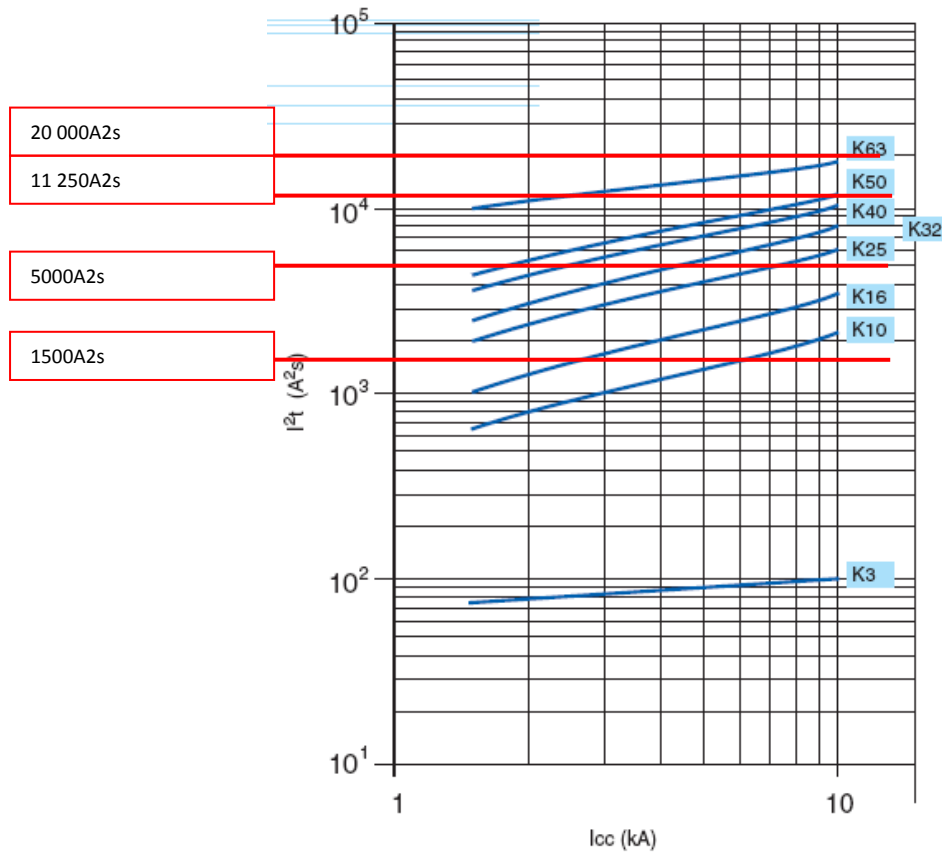
Les disjoncteurs courbes Z définies pour semi-conducteurs sont bien adaptés aux relais celduc fort I2t.

Le problème des courbes Z est qu'ils n'admettent pas beaucoup de courant de surcharge. Ils sont donc mieux adaptés aux charges AC-51 purement résistives.

Z curves specially designed for semiconductors protection are adapted with high I2t celduc SSRs.

Pour des charges avec courant d'appel important, il existe d'autres courbes comme les courbes K.

S280 characteristics K 230/400V let-through energy (I2t laissé passé)



Nous pouvons voir qu'avec un relais ayant un I_{2t} > 5000A²s, nous pouvons protéger correctement l'installation et le relais avec des disjoncteurs K10 et K16 jusqu'à des courants présumés de court-circuit de 10KA.
.....etc.....

Conclusion

Les courbes K sont une bonne alternative aux courbes Z

Autres disjoncteurs et courbes.

ABB

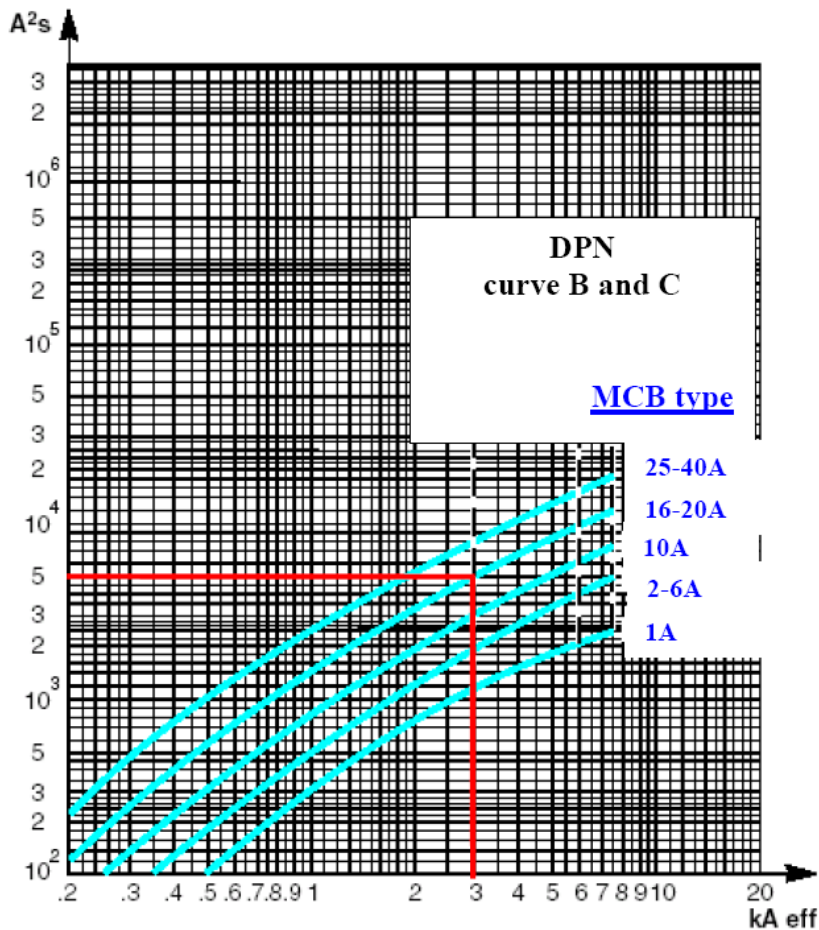
MOELLER

Schneider



Exemple avec courbes B et C SCHNEIDER

Déclic, DPN, DPN N



Avec un MCB 16A courbe B ou C et un relais statique de $5000A^2s$, il est possible d'atteindre 3KA de courant présumé de court-circuit avec une bonne protection du relais.

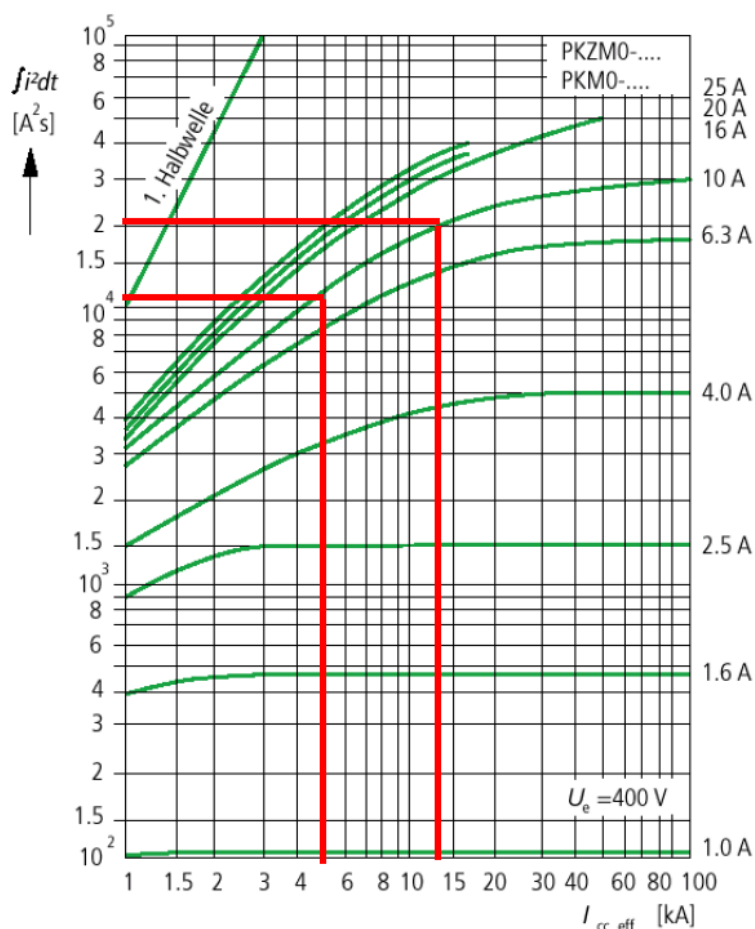
Par expérience un courant circuit sur une charge type résistance n'est jamais très franc et les courants présumés de court-circuit dépassent rarement 2KA.

AC-53 Applications (Motors applications)

Pour les applications moteurs, la protection la plus populaire est des disjoncteurs magnétothermiques réalisés pour des coordinations de type 1 ou de type 2. Ces dispositions permettent de protéger l'installation contre les court-circuit et permettent aussi la protection thermique du moteur.

Exemple: PKZM0 MOELLER

Dans le cas d'une coordination souhaitée en type 2, nous devons choisir en premier le disjoncteur adapté au type de moteurs avec la bonne valeur de courant. Ensuite nous pouvons vérifier l' I^2t laissé passé par le relais en fonction du calibre et du courant présumé de court-circuit.



Exemple:

Moteur 4 KWatts sous 3 x 400VAC. $I_{AC-53} = 8.5A$ / Courant démarrage $I_d = 8x I_n = 68A$

Nous pouvons utiliser un PKZM0 - 10A.

En fonction du courant de démarrage et de la protection, nous pouvons choisir un relais de calibre 95A avec un I^2t mini de $11250A^2s$.

Avec cette configuration, nous pouvons atteindre un courant de court-circuit de 5KA sans risque de détérioration du relais.

Un relais SVT868 avec $I^2t > 11250A^2s$ est un bon choix, car il est rare qu'un court-circuit au niveau d'un moteur entraîne un courant de 5000A.

Nous pouvons aussi utiliser un SVT869 avec $I^2t > 20000A^2s$ pour une protection jusqu'à 12kA

Exemples de tests réalisés dans le laboratoire ABB et des S280Z

celduc a été le premier fabricant de relais statiques a introduire des relais fort I²t

celduc a une longue experience de protection de ses relais avec des disjoncteurs.

Les premiers essais ont été réalisés en 1995 dans le laboratoire ABB en Italie (ci-dessous certificat ABB)

ABB Elettrocondutture SpA		ABB
Laboratorio	Data <u>17/5/95</u>	
resoconto di prova	Firma <u>Bonifazio</u>	pag. <u>6/6</u>

Tabella n.6 - Compendio delle prove

Tipologia del relè statico	Limiti del coordinamento	
	Z 16	Z 50
Zero cross 70 A 75A model with 5000A2s	# 5000 A	3000
Random 70 A 125A model with 20000A2s	5000 A	3000 A
Zero cross 110 A	# 7000 A	4000 A

* Non è stata eseguita la verifica di questo punto per mancanza di relè statici Zero cross 70 A ; il limite non dovrebbe essere molto diverso dai valori sottostanti.

The values on Table N°6 are the ones accepted according to the test results carried out by ELC Test Lab and CELDUC Test Lab. As a consequence the same values for coordination information can be published officially by marketing-sales requests.

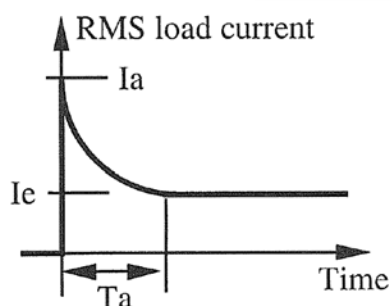
Jay Power

ejacovino
21/6/95

Grâce aux performances élevées des thyristors de puissance utilisés dans les relais statiques celduc avec la technologie TMS² et une longue collaboration avec les principaux fabricants de puces thyristors, celduc possède la gamme de relais statique ayant les plus fortes valeurs de I²t du marché (> 20000A²s pour les relais calibre 125A)

IV- Autres Applications (Chauffage avec lampes infrarouges)

Protection coordination type 2



Exemples de choix (Ces valeurs tenant compte de la fatigue thermique des fusible afin de leur assurer une durée de vie suffisante)

Courant nominal du relais	I _{2t} relais (A ² s)	I _a : lampe infrarouge long I _a = 5xI _e T _a = 100ms	I _a : lampe infrarouge court I _a = 10xI _e T _a = 10ms	MCB (breaker) solution		
12A	72	I _e max = 3.5A	gRC12 14 x51	I _e max = 2A	gRC12 14 x51	No solution
25A	312	I _e max = 10A	gRC25 14 x51	I _e max = 8A	gRC25 14 x51	No solution
35A	800	I _e max = 14A	gRC32 14 x51	I _e max = 12A	gRC32 14 x51	No solution
50A	1500	I _e max = 20A	gRC50 22 x58	I _e max = 18A	gRC50 22 x58	No solution
75A	5000	I _e max = 30A	gRC63 22 x58	I _e max = 28A	gRC63 22 x58	S280K40
95A	11250	I _e max = 35A	gRC80 22 x58	I _e max = 32A	gRC80 22 x58	S280K50
125A	20000	I _e max = 50A	URD135 22x58	I _e max = 45 A	URD135 22x58	S280K63

V- Que faire après un court-circuit ?

Pendant un court circuit sur un équipement, certains dommages peuvent apparaitre sur une installation.

En premier, il faut vérifier l'origine du court-circuit et faire la réparation nécessaire.
Ensuite il faut inspecter l'installation pour vérifier si d'autres dommages n'ont pas été réalisés.

Attention, même avec une protection correcte, le nombre de court-circuit pour un dispositif semi-conducteur est limité.

Des courts circuits répétés peuvent diminuer l'espérance de vie du semi-conducteur.

De la même façon le nombre de court-circuit pour un disjoncteur est limité.

Nous conseillons :

- 1- De ne pas soumettre un relais statique à plus de 10 courts-circuits durant toute sa vie
- 2- Avant de remettre le dispositif de protection en état de marche de vérifier le fonctionnement du relais statique.
- 3- En cas de doute, il est préférable de remplacer d'une part le disjoncteur et d'autre part le relais ou contacteur statique