

Surintensités et courts-circuits : leurs effets sur le comptage d'énergie des Data Centers

Les défis de la protection, coordination et de la mesure dans les environnements à fort niveau de court-circuit



Sommaire

Contexte	4
Quelques rappels	5
Comportement des compteurs directs en présence de surintensités	7
Contraintes de tenue des compteurs directs	7
Cas des surcharges longues	8
Cas des surcharges courtes	8
Cas des courts-circuits	9
Conclusion sur les compteurs directs	9
Comportement des compteurs indirects en présence de surintensités	10
Contraintes de tenue des compteurs indirects	10
Cas des transformateurs de courant standard	11
Cas des capteurs intelligents (TE, TR, iTR, TF et QCT)	12
Cas des centrales de mesures Diris Digiware S et BCM	13
Conclusion sur les compteurs indirects	14
En résumé	15

Contexte

L'évolution des installations électriques s'accompagne d'exigences croissantes en matière de sécurité, de fiabilité et de précision de la mesure énergétique. Les tableaux divisionnaires, soumis à des charges de plus en plus importantes, voient leurs niveaux de courant de court-circuit augmenter significativement. Cette situation impose une réflexion approfondie sur le choix des dispositifs de comptage et de protection adaptés, afin de garantir la sécurité et la pérennité des installations.

Quelques exemples de niveau de court-circuit :

- Jusqu'à 50 kA dans les taps-off (boîte de dérivation) de data centers
- Jusqu'à 19 kA pour des départs 16A dans les tableaux divisionnaires

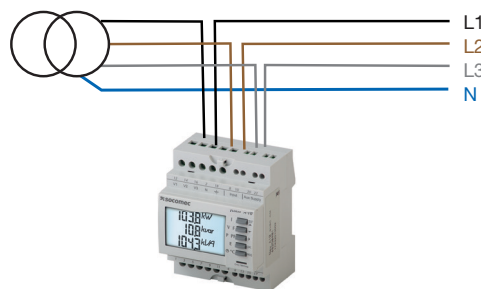
Dans cette note technique, nous analysons le comportement des compteurs électriques directs et indirects en présence de court-circuit et de surcharge, ainsi que les solutions et les outils proposés par Socomec pour garantir la sécurité et la performance des équipements.

Quelques rappels

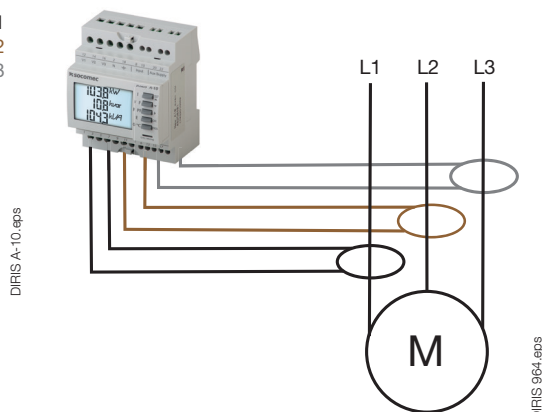
Compteur électrique

Un compteur électrique mesure l'énergie consommée ou produite et divers paramètres électriques. Il peut être à branchement direct (installé en série dans le circuit) ou indirect (mesure via des transformateurs de courant).

Compteur électrique à branchement direct



Compteur électrique à branchement indirect



Transformateur de courant

Un transformateur de courant (TC) transforme un courant primaire, généralement trop élevé pour les compteurs électriques, en un courant ou une tension secondaire, de valeur inférieure, compatible avec ces derniers.

Court-circuit

Défaut électrique dangereux causé par une connexion involontaire entre deux conducteurs actifs, provoquant une élévation brutale du courant (jusqu'à $100 \times I_n$). Sans protection adéquate (disjoncteur ou fusible), cela peut entraîner un incendie et des dommages matériels.

Surcharge

Élévation progressive du courant au-dessus des valeurs nominales. Comme le court-circuit, elle peut provoquer des incendies ou des dommages si la protection n'est pas adaptée.

Quelques rappels (suite)

On distingue 2 types de surcharge :

- **Les surcharges longues** : Jusqu'à $2 \times I_n$ pendant 2h. Se produit généralement lorsque la valeur du courant admissible d'un câble est dépassée
- **Les surcharges courtes** : Jusqu'à $10 \times I_n$ pendant quelques secondes (démarrage moteur par exemple)

Comparaison des différents modes de démarrage des moteurs asynchrones

Type	I_d / I_n	C_d / C_n	Contrôle de vitesse	Contrôle du couple	Intérêt principal	Inconvénient
Démarrage direct	05 à 10	05 à 10	Non	Non	Courant réduit, couple élevé au démarrage	Courant de démarrage important
Étoile - Triangle	2 à 3	1 à 2	Non	Non	Courant de démarrage réduit	Courant réduit au démarrage
Auto-transformateur	2 à 3	1 à 2	Non	Non	Courant de démarrage réduit	Poids important
Démarrateur progressif	3 à 5	1,5 à 2,5	Non	Oui	Courant de démarrage réduit, contrôle du démarrage et de l'arrêt	Couple réduit au démarrage
Variateur de vitesse	1,5	1,5 à 2	Oui	Oui	Contrôle de la vitesse, économie d'énergie à vitesse réduite	Coût élevé

Contrainte mécanique

également appelé contrainte électrodynamique, elle s'exprime en $k\text{A}$ et représente la crête de courant maximum que l'équipement électrique va supporter.

Contrainte thermique

exprimée en A^2s , c'est l'enveloppe thermique de l'énergie qui va traverser l'équipement pendant un temps donné.

Comportement des compteurs directs en présence de surintensités

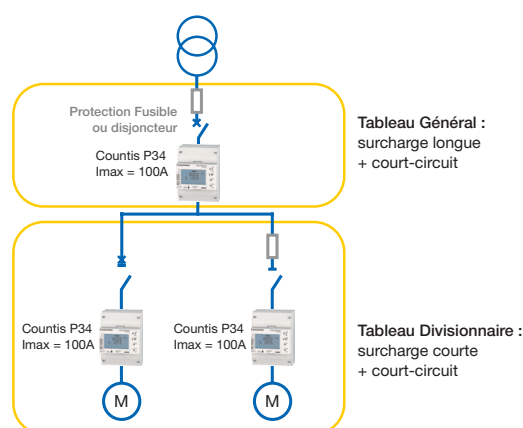
Les compteurs directs sont choisis pour les applications à faible courant (< 100 A) car ils apportent les bénéfices suivants : compacité, coût réduit, rapidité de mise en œuvre.

Par conception, les compteurs directs sont installés en série dans le circuit. Ils partagent donc la même protection que le conducteur et sont donc directement exposés aux mêmes événements que la charge mesurée :

- Les surcharges longues
- Les surcharges courtes
- Les courts-circuits

De façon générale, lorsqu'un compteur est protégé par un dispositif situé sur un conducteur alimentant plusieurs départs, il est exposé aux surcharges longues ainsi qu'aux courts-circuits. À l'inverse, si le compteur est installé directement dans le circuit d'une charge individuelle, il sera principalement soumis aux surcharges courtes et aux courts-circuits.

En conséquence, il est nécessaire de vérifier que la protection mise en place assure également la protection du compteur.



Contraintes de tenue des compteurs directs

La norme des compteurs électriques, l'IEC 62052-11 (Compteurs électriques – Caractéristiques générales et tests) ainsi que l'EN 50470-3 (Directive MID) exigent un test de tenu en courant de $30 \times I_{max}$ sur 10 ms.

Cela sous-entend que la contrainte électrodynamique et thermique du compteur sont les suivantes :

- **Contrainte électrodynamique** : $30 \times I_{max} \times \sqrt{2}$
- **Contrainte thermique** : $30 \times I_{max}^2 \times 0,01$

Par exemple le COUNTIS P34, noté : 0,3 – 10(100) A, a un I_{max} à 100A. Ses contraintes sont donc les suivantes :

- Contrainte électrodynamique = $30 \times 100 \times \sqrt{2} = 4243 \text{ \AA}$
- Contrainte thermique = $30 \times 100^2 \times 0,01 = 90 \text{ kA}^2\text{s}$



Il est donc nécessaire de valider la coordination entre la protection de ligne et le compteur, c'est-à-dire de valider que les contraintes mécaniques et thermiques limitées par la protection (fusible ou disjoncteur) soient supportées dans chacun des scénarios suivants : surcharges (longue et courte) et court-circuit.

Comportement des compteurs directs en présence de surintensités (suite)

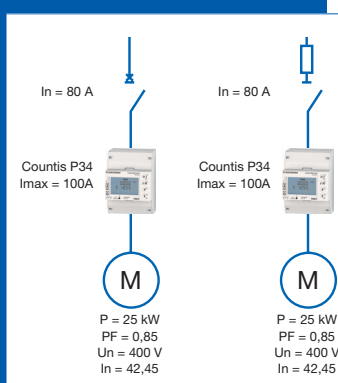
Cas des surcharges longues

Au-delà de I_{max} , le fonctionnement du compteur n'est plus garanti. Or, la protection est souvent calibrée à I_{max} , ce qui pose un problème car en présence d'une surcharge longue, le courant dépasse la valeur maximale du compteur.

Normativement la protection utilisée doit ouvrir le circuit dans un temps conventionnel (en général 1h) pour un courant défini :

- Fusible : $1,6 I_n$
- Disjoncteur courbe C : $1,45 I_n$
- Disjoncteur industriel : $1,3 I_n$

Un fusible 100A va par exemple garantir une fusion en moins de 1h pour un courant supérieur à 160A ($100 \times 1,6$)



Prenons le cas d'un Countis P34 mesurant un départ moteur triphasée de 25 kW protégé par un fusible ou un disjoncteur de calibre 80A :

Pour le fusible, le courant de fusion en cas de surcharge est de 128A ($80 \times 1,6 = 128$).

Pour le disjoncteur, le courant de déclenchement en cas de surcharge est de 104A : ($80 \times 1,3 = 104$).

Finalement, dans notre exemple, quelle que soit la protection utilisée pour un calibre de 80A, le courant de fonctionnement est toujours supérieur à la valeur I_{max} du compteur. En cas de surcharge longue les câbles seront donc bien protégés par la protection mais le compteur en revanche peut être endommagé.

Par conséquent, pour garantir une protection efficace du compteur, il faut limiter le courant nominal de l'installation en installant une protection fusible de calibre 50A ou un disjoncteur de calibre 63A.

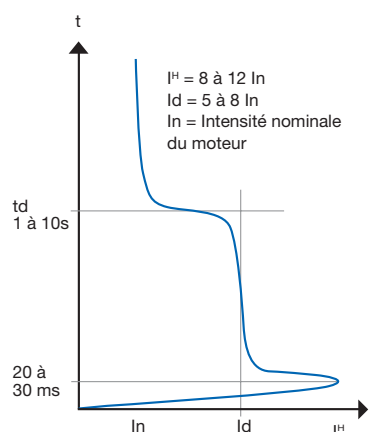
Le tableau ci-dessous récapitule le calibre de la protection recommandé en fonction de la valeur I_{max} du compteur :

Calibre de la protection recommandé en fonction du I_{max} compteur				
I_{max} compteur électrique (A)	40	45	80	100
Calibre de la protection disjoncteur (A)	32	32	50	63
Calibre de la protection fusible (A)	25	25	50	50



Les résultats de l'étude montrent que la contrainte mécanique supportée par le compteur est supérieure à celle induite lors du démarrage moteur. En revanche ce n'est pas le cas de la contrainte thermique ce qui présente des risques pour le compteur et l'installation. Il convient donc d'adapter le type de démarrage pour réduire la contrainte thermique générée par le moteur. Le choix d'un démarrage par variateur de vitesse permettrait ici de réduire la contrainte thermique à 40 kA²s et donc de valider la coordination.

Cas des surcharges courtes



En cas de surcharge courte il faut vérifier que le compteur supporte les contraintes mécaniques et thermiques générées par la surcharge.

Reprenons le cas précédent d'un compteur direct 100A mesurant un départ moteur triphasée de 25 kW et protégé par un disjoncteur 80A.

Lors de la première phase de démarrage, qui dure environ 20 à 30 ms, le courant peut atteindre jusqu'à $10 \times I_n$ soit 601 Å. Lors de la deuxième phase qui peut durer jusqu'à 10s, le courant atteint 5 à 8 I_n , soit une contrainte thermique totale de 18 000 kA²s.

Il convient donc de s'assurer que les contraintes mécaniques et thermiques admissibles par le compteur sont respectivement supérieures à 601 Å et 18 000 kÅs.

	Compteur 100 A	Démarrage moteur 25 kW
Contrainte mécanique (Å)	4200	601
Contrainte thermique (A²s)	90	18 000

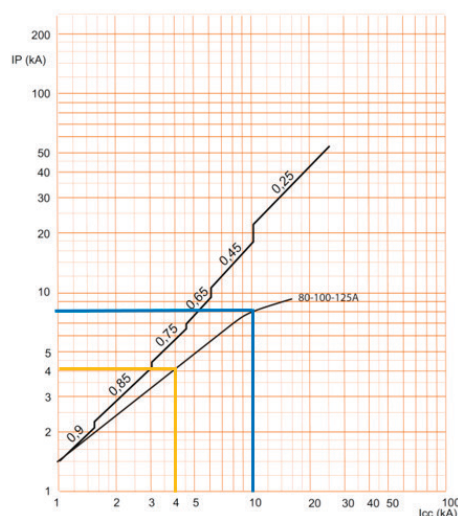
Comportement des compteurs directs en présence de surintensités (suite)

Cas des courts-circuits

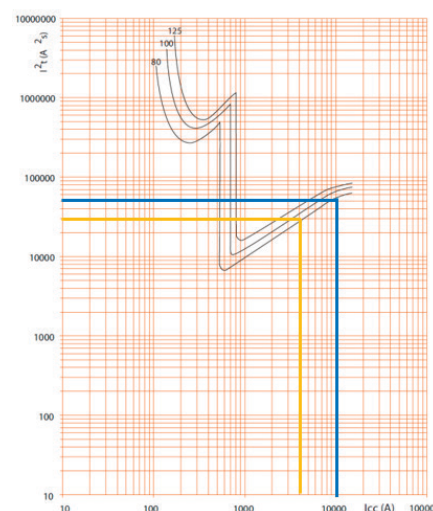
En cas de court-circuit, il faut vérifier que la contrainte mécanique et thermique limitées par la protection soient supportées par le compteur.

Reprenons l'exemple précédent où un compteur direct 100A installé dans un tableau divisionnaire est protégé par une protection disjoncteur courbe C de calibre 80 A avec dans un cas un ICC de 10kA (en bleu) et dans l'autre cas un ICC de 4 kA (en orange).

Courbe de limitation du courant :



Courbe de limitation thermique des disjoncteurs courbe C, 1P, 3P, 4P (400 V / 60 Hz)



Que ce soit pour un ICC de 10 kA ou de 4kA, la contrainte thermique limitée par le disjoncteur est inférieure à la contrainte thermique du compteur. En revanche, la contrainte mécanique limitée par la protection est uniquement inférieure à celle du compteur dans le cas où l'ICC est de 4 kA.

Conclusion sur les compteurs directs



L'installation d'un compteur direct dans un circuit le rend vulnérable à divers incidents, notamment les surcharges courtes, longues et les courts-circuits.

Dans ces situations, la protection existante s'avère souvent insuffisante pour préserver efficacement le compteur, ce qui peut entraîner non seulement sa détérioration, mais également compromettre la sécurité de l'ensemble de l'installation :

- Risque d'incendie
- Risque de Flash
- Risque de dommages matériels

Face à ces risques, il faut valider la coordination entre le compteur et la protection de la manière suivante :

- Confronter les performances constructeurs de chaque acteur
- Réaliser un essai de coordination

Si la coordination n'est pas validée, il faudra mettre en œuvre **un compteur indirect (approche Socomec)**

!
Installer un compteur direct sur une installation ayant un ICC à 10 kA peut donc être dangereux en cas de court-circuit.

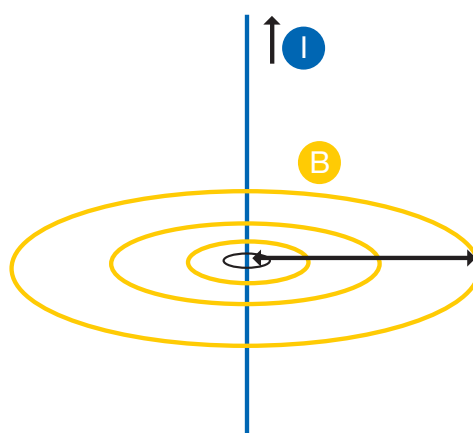
Comportement des compteurs indirects en présence de surintensités

Contraintes de tenue des compteurs indirects

Avec des compteurs indirects, la mesure du courant de charge est réalisée à l'aide de transformateur de courant. Pour rappel, lorsqu'un courant électrique circule dans un conducteur, un champ magnétique, proportionnel à ce courant, est induit (Loi de Lenz-Faraday).

C'est ce principe qui est utilisé par les transformateurs de courant pour mesurer avec précision la valeur du courant (cf. note technique : *Les capteurs de courant*).

Il s'agit donc d'une **mesure non intrusive** : le compteur n'est plus soumis aux mêmes événements que la charge (surcharges, courts-circuits).



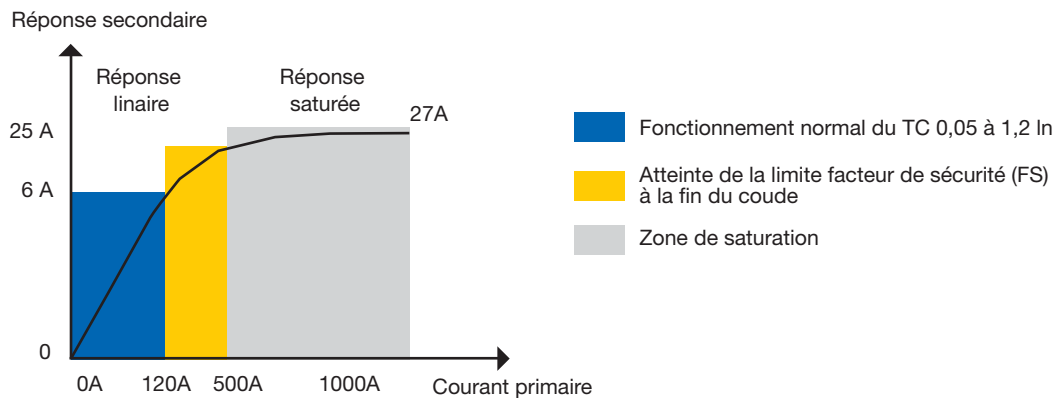
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \quad \longrightarrow \quad B \Leftrightarrow I \text{ Proportionnel}$$

Comportement des compteurs indirects en présence de surintensités (suite)

Cas des transformateurs de courant standard

L'une des caractéristiques qui définit un transformateur de courant est son facteur de sécurité (FS) qui définit la réponse transitoire durant lequel le TC monte en température avant d'atteindre la température d'échauffement critique défini par sa classe.

La courbe ci-dessous montre la réponse d'un transformateur de courant 100/5A de facteur de sécurité FS5.



Que ce soit en présence de surcharge longue, courte ou même de court-circuit, la protection disjoncteur ou fusible déclenche toujours avant (quelques secondes) que le TC n'atteigne sa limite d'échauffement (plusieurs minutes).

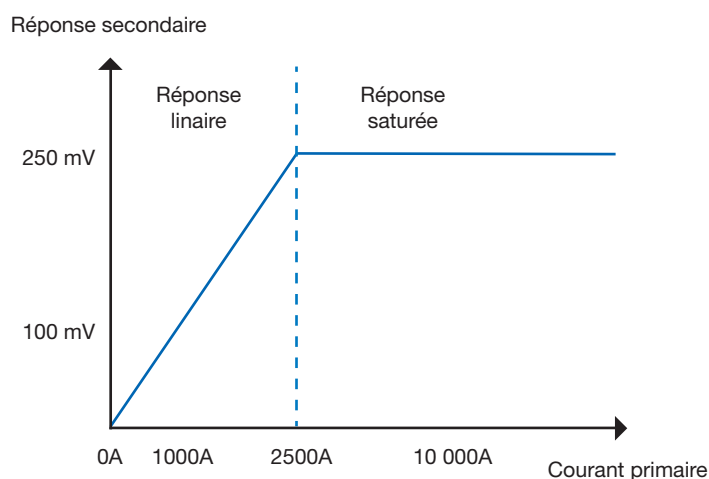
Dans la zone de saturation, en rouge, le TC ne subit aucun dommage pendant quelques minutes (les performances de mesure sont en revanche dégradées).

Dans la zone transitoire, en jaune, il y a une contrainte d'échauffement définie par une lettre, allant de A à H. Les TC Socomec sont classe E, c'est-à-dire qu'ils peuvent chauffer jusqu'à 120°C sans être dégradés.

	A	E	B	F	H	C
Valeur maximale	105°C	120°C	130°C	155°C	180°C	
Marge thermique	5°C	5°C	10°C	10°C	15°C	
Échauffement permis	60°C	75°C	80°C	105°C	125°C	
Température ambiante	40°C	40°C	40°C	40°C	40°C	

Comportement des compteurs indirects en présence de surintensités (suite)

Cas des capteurs intelligents (TE, TR, iTR, TF et QCT)



Réponse en tension d'un TE-55 face à un court-circuit

Le signal de sortie des capteurs intelligents (gamme TE, TR/iTR et TF ainsi que QCT) est une tension qui varie entre 0 et 100 mV, proportionnellement au courant mesuré.

En présence de court-circuit ou de surcharge, la tension sature à 250 mV quel que soit le niveau de courant atteint.



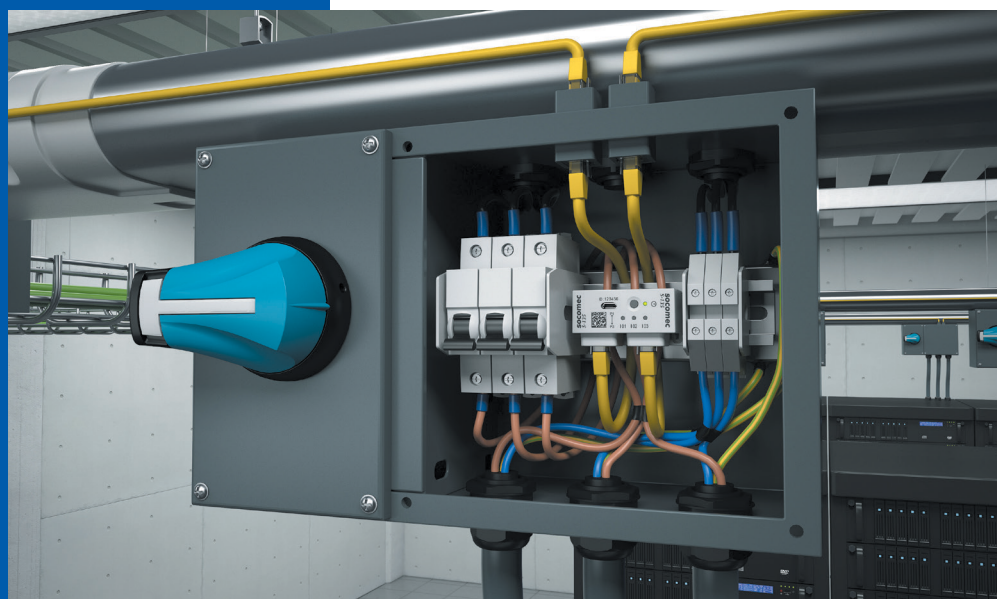
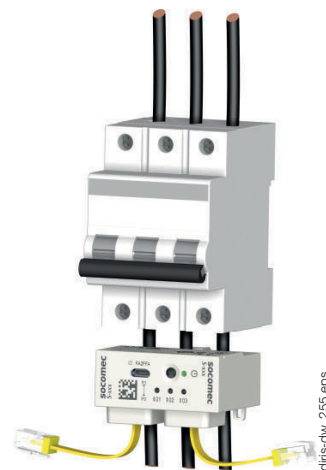
Les centrales de mesure Diris Digiware I-xx, F-xx et R-xx, lorsqu'elles sont associées à ces capteurs, acceptent une tension d'entrée pouvant atteindre 1V, soit quatre fois la valeur maximale délivrée par les capteurs. Ainsi, il n'existe aucun risque de dommage matériel, que ce soit pour le capteur ou pour la centrale de mesure. Il en est de même pour les compteurs Countis P44-xQCT associés aux capteurs QCT.

Comportement des compteurs indirects en présence de surintensités (suite)

Cas des centrales de mesures Diris Digiware S et BCM

Les centrales de mesures Diris Digiware S et BCM intègrent la mesure de courant à la centrale. Ces équipements sont donc installés en série dans le circuit tout comme les compteurs directs, mais étant donné que la technologie utilisée pour la mesure du courant est à base de Rogowski (tension égale à la dérivée du champ magnétique variable induit par le passage du courant dans un conducteur), ils restent immunisés face aux surcharges et courts-circuits.

Des tests en interne ont été réalisés et ont montré une tenue jusqu'à 94500A, soit 1500 x la valeur d' I_n (63A), sans que l'électronique soit détériorée. À ce niveau de courant, l'appareil de protection aura déjà déclenché bien avant.



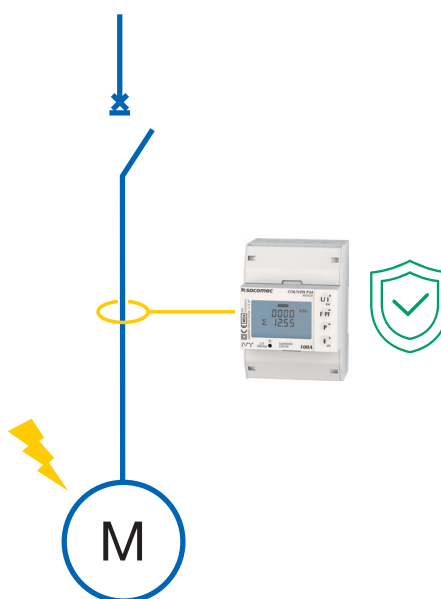
Les produits Diris Digiware S et BCM apparaissent donc comme la solution idéale, notamment pour les applications Data Center, car ils sont robustes, fiables, compacts et immunisés contre les surcharges et courts-circuits.

Comportement des compteurs indirects en présence de surintensités (suite)

Conclusion sur les compteurs indirects

Les compteurs indirects présentent l'avantage d'être totalement isolés du circuit de mesure grâce à l'utilisation de transformateurs de courant. Quelle que soit la nature de l'évènement (surcharge ou court-circuit), la protection interviendra toujours avant que le transformateur ne subisse de dégradation.

Les centrales de mesure Diris Digiware S et BCM combinent les avantages des compteurs directs (compacité et facilité d'installation) et ceux des compteurs indirects (immunité face aux surcharges et aux courts-circuits), offrant ainsi une solution à la fois robuste et polyvalente.



En résumé

L'installation de compteurs directs pour les faibles courants est souvent privilégiée en raison de leur coût réduit et de leur simplicité d'installation par rapport aux compteurs indirects. Toutefois, cette solution présente des risques non négligeables, notamment en cas de court-circuit ou de surcharge. En effet, lors d'une surintensité, le compteur direct ne supporte généralement pas les contraintes mécaniques et thermiques limitées par la protection de ligne, ce qui peut entraîner des dommages irréversibles, voire compromettre la sécurité de l'installation (risque d'incendie).

Résultat de la coordination pour le compteur direct Countis P34 :

Comptage général (TGBT)				
ICC présumé	Calibre protection	Surcharge longue	Court-circuit	Coordination
10 kA	80 A	Non	Non	Non
10 kA	50 A	Oui	Non	Non
4 kA	50 A	Oui	Oui	Oui

Comptage individuel (TD)				
ICC présumé	Calibre protection	Surcharge courte	Court-circuit	Coordination
10 kA	80 A	Oui	Non	Non
4 kA	50 A	Oui	Oui	Oui

Pour remédier à cette problématique, il est possible de réaliser une étude approfondie afin de valider la coordination entre la protection et le compteur. Cependant, la solution recommandée par Socomec consiste à opter pour des compteurs indirects, qui, grâce à leur conception, sont immunisés contre les courts-circuits et les surcharges :

- Utilisation de capteur de courant (Diris Digiware I-xx, Countis P4x)
- Capteur intégré (Diris Digiware S)

Résultat de la coordination pour compteur indirect countis P44-4QCT :

Comptage général (TGBT)				
ICC présumé	Calibre protection	Surcharge longue	Court-circuit	Coordination
10 kA	80 A	Oui	Oui	Oui
10 kA	50 A	Oui	Oui	Oui
4 kA	50 A	Oui	Oui	Oui

Comptage individuel (TD)				
ICC présumé	Calibre protection	Surcharge courte	Court-circuit	Coordination
10 kA	80 A	Oui	Oui	Oui
4 kA	50 A	Oui	Oui	Oui

Socomec, l'innovation au service de votre performance énergétique

1 constructeur indépendant

4 600 collaborateurs
dans le monde

8 % du CA
consacrés au R&D

400 experts
dédiés aux services

L'expert de votre énergie



COUPURE



MESURE



CONVERSION
D'ÉNERGIE



STOCKAGE
D'ÉNERGIE



SERVICES
EXPERTS

Le spécialiste d'applications critiques

- Contrôle, commande des installations électriques BT.
- Sécurité des personnes et des biens.
- Mesure des paramètres électriques.
- Gestion de l'énergie.
- Qualité de l'énergie.
- Disponibilité de l'énergie.
- Stockage de l'énergie.
- Prévention et intervention.
- Mesure et analyse.
- Optimisation.
- Conseil, déploiement et formation.

Une présence mondiale

12 sites industriels

- France (x3)
- Italie (x2)
- Tunisie
- Inde
- Chine (x2)
- USA (x2)
- Canada

30 filiales et implantations commerciales

- Afrique du Sud • Algérie • Allemagne • Australie
- Autriche • Belgique • Canada • Chine • Côte d'Ivoire
- Dubaï (Émirats Arabes Unis) • Espagne • États-Unis d'Amérique
- France • Inde • Indonésie • Italie • Malaisie • Pays-Bas • Pologne
- Portugal • Roumanie • Royaume-Uni • Serbie • Singapour
- Slovaquie • Suède • Suisse • Thaïlande • Tunisie • Turquie

80 pays

où la marque est distribuée

SIÈGE SOCIAL

GRUPE SOCOMEC

SAS SOCOMEC au capital de 10 535 460 €
R.C.S. Strasbourg B 548 500 149
B.P. 60010 - 1, rue de Westhouse - F-67235 Benfeld Cedex
Tél. 03 88 57 41 41 - Fax 03 88 57 78 78
info.scp.isd@socomec.com

www.socomec.fr



VOTRE CONTACT

100 years
OF SHARED ENERGY

socomec
Innovative Power Solutions

