

Texte: Dieter Verstuylt

Version : 02/2023

Les notes de calculs du défi au résultat

Pour beaucoup, les notes de calculs pour les câbles et les courants de court-circuit est loin d'être une sinécure. Le nouveau RGIE (Règlement général des installations électriques), publié le 1^{er} juin 2020, apporte à ce niveau d'importantes modifications. Nous allons expliquer deux d'entre elles, les nouvelles exigences de calcul pour les câbles et les courants de court-circuit. C'est un sujet en soi qui doit être abordé avec les connaissances nécessaires.

Ces nouvelles règles sont énumérées au chapitre 3.1 (section 3.1.2.) du Livre 1. Lors de l'agrément, les agents-visiteurs des organismes agréés les appliquent strictement aux installations électriques non domestique. La nouvelle réglementation donne une liste complète des éléments à mentionner sur le schéma de circuits et ses annexes pour les installations non-domestiques (sous-section 3.1.2.2.b). Les éléments suivants ont été ajoutés par rapport à l'article 16 de l'ancien RGIE :

- Le schéma de mise à la terre.
- Les courants de court-circuit présumés maximum > 3000 A à l'origine de l'installation et au niveau de chaque tableau de répartition et de manœuvre.
- Les circuits.
- Les caractéristiques des sources (alternateurs, transformateurs, convertisseurs...).
- Les caractéristiques des canalisations électriques, y compris les conducteurs de protection, notamment :
 - Le mode de pose ;
 - La nature, le nombre et la section des conducteurs ;
 - La longueur des canalisations électriques.
- Les caractéristiques des dispositifs de protection, notamment :
 - Le courant assigné ;
 - Le pouvoir de coupure ;
 - La nature et les caractéristiques de coupure, y compris les réglages.
- Les caractéristiques des interrupteurs, des interrupteurs-sectionneurs et des contacteurs.

Les notes de calculs des câbles et des courants de court-circuit, de plus en plus sous les projecteurs

Les gens ne comprennent pas toujours pourquoi les calculs des câbles et des courts-circuits ont été de plus en plus mis en avant dans le RGIE 2020. Cet ajout vous oblige à préparer ces calculs. En effet, il n'est pas possible d'y parvenir sans effectuer cette opération ou sans logiciel. Si vous souhaitez réaliser le calcul manuellement, mieux vaut avoir la norme sous les yeux.

Les paramètres de réglages des interrupteurs-sectionneurs, les $I_{cc \max}$ et $I_{cc \min}$, le mode de placement des conducteurs, etc. ont été trop peu ou pas du tout pris en compte.

La difficulté réside dans les nouveaux ajouts suivants au RGIE :

- Le courant de court-circuit attendu sur chaque tableau ($I_{cc \max}$) .
- Les caractéristiques des canalisations électriques, y compris des conducteurs de protection.
- Les caractéristiques de tous les appareils et si leur sécurité est garantie.

Tout est donc lié, les interrupteurs-sectionneurs et leurs réglages, la longueur du câble, le placement, les $I_{cc \max}$, etc.

Deux grandes distinctions : les installations domestiques et toutes les autres installations.

Aucun calcul de câble ou de courant de court-circuit n'est nécessaire pour les locaux domestiques. Il faut cependant en soumettre un pour toutes les autres installations. Des règles n'en ont pas moins été élaborées pour les installations domestiques. Compte tenu de la faible complexité de ces installations, ces aspects ont été traités avec relative simplicité dans le RGIE.

1. Installations domestiques

En matière d'installations domestiques, les calculs de câbles ne sont globalement pas nécessaires car les conditions requises auxquelles les calculs de câbles apportent une solution sont remplies par défaut. Est applicable à cet égard la « **sous-section 4.4.1.5** » du RGIE, qui traite du courant admissible dans les canalisations électriques. Cette section spécifie la section des conducteurs et le courant nominale maximale de la protection contre les surintensités, comme indiqué dans le tableau 1.

Section du conducteur (mm ²)	Intensité nominale maximale du coupe-circuit à fusible	Intensité nominale maximale du <u>disjoncteur</u>
1,5	10 A	16 A
2,5	16 A	20 A
4	20 A	25 A
6	32 A	40 A
10	50 A	63 A
16	63 A	80 A
25	80 A	100 A
35	100 A	125 A

Tableau 1 : Calibre du dispositif de protection en fonction de la section des conducteurs

Les valeurs de courant indiquées pour les petites sections (1,5-2,5-4 mm²) s'écartent de moins de 10 % des valeurs autorisées que l'on peut trouver dans la norme pour le calcul des câbles, c'est-à-dire la CEI 60364-5-52, et ce avec l'installation la plus défavorable d'un câble multifilaire en cuivre avec isolation en PVC dans une gaine et dans un mur isolé thermiquement à une température ambiante de 30° C, sans autres conducteurs à proximité et avec la présence très limitée de 3^e harmoniques. Pour les sections plus grandes, à partir de 6 mm², les valeurs s'écartent de moins de 10 % des valeurs autorisées lorsqu'elles sont installées dans une gaine montée sur un mur. En outre, il faut partir du principe que dans les installations domestiques aucun conducteur ne supporte en permanence le courant nominal du dispositif de protection.

En outre, la « **section 4.6.1** » du RGIE décrit les mesures à prendre pour se protéger contre les effets des chutes de tension. Le RGIE ne spécifie pas de valeurs maximales admissibles concernant les chutes de tension. La norme mentionne un maximum de 3 % pour l'éclairage et un maximum de 5 % pour les autres utilisateurs. La chute de tension pour une longueur de 35 m, à un cos ϕ de 0,95 et au courant nominal de la protection contre les surintensités conformément au tableau ci-dessus, donne un maximum de 7,5 %. Cependant, les dispositifs consommateurs nécessitant des courants de démarrage importants, tels que les pompes à chaleur, sans mesures appropriées telles que des démarreurs progressifs, peuvent causer des problèmes et doivent être installés en tenant compte de cet aspect. En supposant que la longueur est généralement inférieure à 35 m et que la charge est inférieure au courant nominal du dispositif de protection, aucun problème n'est à prévoir en termes de chute de tension.

La « **sous-section 4.4.2.2** » du RGIE traitant de la longueur protégée des canalisations est également respectée. Cet article explique que la longueur de la canalisation doit être limitée à la longueur à laquelle, en cas de court-circuit à son extrémité, le dispositif de protection contre les courts-circuits se débranche immédiatement, et cela magnétiquement dans le cas d'un interrupteur automatique. Les canalisations électriques dans les locaux domestiques sont généralement protégées par des disjoncteurs à courbe C et dépassent rarement la longueur de 35 m.

Vient enfin la « **sous-section 4.2.4.3** » du RGIE, qui traite de la protection contre les chocs électriques par contacts indirects. Cet article explique qu'au moins un dispositif de protection à courant différentiel résiduel dont le courant de fonctionnement ne dépasse pas 300 mA ou 0,3A doit être installé à l'origine de l'installation domestique. En tenant compte d'une résistance de dispersion de la prise de terre de 30 Ω maximum (en effet, si elle est comprise entre 30 et 100 Ω , il faut prévoir des différentiels supplémentaires), cela signifie qu'une tension continue maximale de 300 mA x 30 Ω = 9 V (courant x résistance = tension) peut être présente sur le sol d'une habitation (en dehors de la salle de bain, du lave-linge, du sèche-linge et du lave-vaisselle où un maximum de 0,9 V peut être présent en continu) en cas de défaut d'isolement à haute impédance. 9 V est inférieur à la tension limite conventionnelle absolue (section 2.4.1. du RGIE) et donc inoffensive. En outre, la vitesse de déclenchement d'un différentiel respecte la tension limite conventionnelle relative en cas de défaut d'isolement à très faible impédance, conformément à la norme relative aux différentiels. C'est également le cas des différentiels sélectifs.

Ce qui précède explique pourquoi, dans le cas d'une installation domestique typique, un calcul des câbles est superflu et, par conséquent, n'est pas imposé comme document à présenter lors de l'examen de conformité de la mise en service.

2. Installations non domestiques

Les installations non domestiques peuvent être très différentes des installations domestiques où plusieurs facteurs défavorables doivent être pris en compte.

Étape 1: Données de l'installation électrique	Étape 2: Type de câble	Étape 3: Méthode d'installation
Courant et disjoncteur/coupe-circuit à fusibles	Gaine d'isolation	Aérien ou dans le sol
Longueur	Nombre de conducteurs	Température ambiante
tension: AC ou DC	Cuivre ou alu	Chemin de câble ouvert ou fermé
Facteur de puissance $\cos \varphi$		Dans un tube
Chute e de tension		Proximité d'autres câbles
Courant de crête		
(Si présent : 3e harmonique)		

Tableau 2: Calcul des câbles en 3 étapes.

La raison principale est l'échauffement qui se produit dans le câble. A cet égard, il importe que le câble puisse dissiper sa chaleur dans son environnement. La chaleur ne peut pas ou difficilement s'échapper vers un autre câble ; ils se chaufferont mutuellement. Il faut considérer la méthode d'installation : dans le sol, le câble ne peut pas perdre sa chaleur si le sol est sec. Dans un chemin de câble fermé et entouré de conducteurs, cela peut devenir défavorable.

La température ambiante joue également un rôle crucial. On peut trouver des câbles dans des installations de refroidissement mais aussi au-dessus de fours. La longueur des câbles peut varier considérablement dans l'industrie, des longueurs de plusieurs centaines de mètres n'étant pas si rares dans des entrepôts.

Remarque ! Il est important de maintenir la résistance d'un câble ou d'un conducteur à un niveau aussi faible que possible.

Plus la résistance est faible, plus l'échauffement interne est faible, ce qui évite une augmentation (inutile) de la température du conducteur et de l'isolation. Plus le conducteur est long, plus la résistance est élevée. Plus la section est courte, plus la résistance est élevée.

Idéalement, le câble doit être de courte longueur et de section épaisse. En pratique, nous ne pouvons pas réduire la distance entre le câble et l'appareil. Il est cependant possible d'augmenter la section transversale du conducteur. Notez que plus le conducteur est épais, plus il est cher. La dépense supplémentaire pour le câble est plus que compensée par l'économie d'énergie. Une section de câble plus importante permet également de réduire les chutes de tension.

La chute de tension dans une installation entraîne une perte de puissance et donc une perte d'énergie. Il y a lieu de limiter les chutes de tension, en raison également des conséquences possibles sur les appareils, qui peuvent dysfonctionner ou même tomber en panne.

La norme exige une chute de tension maximale de 6 % sur notre propre alimentation LS pour l'éclairage et de 8 % pour les autres. Pour les moteurs, cette chute peut aller jusqu'à 5 % en raison des courants de démarrage élevés. En cas d'augmentation de la section du câble, le courant de court-circuit augmente, ce qui signifie qu'il faut donc ajuster le disjoncteur ou le coupe-circuit à fusibles.

Remarque ! En cas d'augmentation de la section du câble, le courant de court-circuit augmente, ce qui signifie qu'il faut ajuster le disjoncteur ou le coupe-circuit à fusibles au courant de court-circuit maximal attendu ($I_{cc \max}$).

Dans les *locaux domestiques*, la loi stipule qu'un dispositif de protection à courant différentiel résiduel (est obligatoire).

Dans le secteur *non domestique*, cette disposition n'est pas obligatoire et elle est même interdite dans certains cas ! Il faut alors opter pour un dispositif de protection active contre les surintensités qui se déclenchera rapidement et efficacement en cas de contact indirect.

Importance d'un calcul des câbles correct

Les notes de calcul sont obligatoires pour vérifier que l'installation électrique est sûre et correctement mise en place. C'est le seul moyen de vérifier que toutes les conditions sont respectées concernant la chute de tension, les calculs des câbles et du courant de court-circuit et la protection contre les contacts indirects.

On peut préparer le calcul des câbles soi-même, avec un stylo et du papier. Pour ce faire, il faut se conformer au RGIE et à la norme. Sinon, il existe de nombreux programmes de calcul. Ces applications simplifient considérablement le processus. Les formules mathématiques et les réglementations sont déjà incluses.

Il s'agira donc uniquement de compléter les informations nécessaires relatives à l'installation électrique.

Certains programmes peuvent même convertir votre note de calcul en un schéma avec toutes les informations nécessaires déjà incluses. Très pratique pour avoir son dossier électrique complet, tout en gagnant du temps.

Bon à savoir : « Si un fil est deux fois plus épais, sa résistance est quatre fois plus faible.

Cela dit, nous pouvons affirmer que si la section est augmentée, le câble peut être **allongé**, les **courants de court-circuit** attendus minimum et maximum vont **augmenter**, et la **chute de tension diminuer**. »

Qu'est-ce qu'une surcharge et un court-circuit ?

- **Protection de l'installation contre la surcharge.** Lorsqu'une installation est conçue sans tenir compte de la section et de la longueur adéquates du câble, il peut arriver que le dispositif de protection ne se déclenche pas en cas de surcharge. Une trop grande quantité d'énergie est alors dissipée dans le câble, ce qui entraîne un échauffement, une chaleur et l'incendie. Un câble trop long entraînera une réaction trop lente du dispositif de protection. Sous l'effet de la chaleur, le disjoncteur se déclenche, mais il faudra plusieurs heures pour cela.
P.ex. : Un disjoncteur 20A courbe C, un courant circule de 1,45x In(20A), le disjoncteur se déclenche dans l'heure à un courant de 29A.
- **Protection contre les courts-circuits.** Comme le point précédent le décrit déjà, si l'on ne tient pas compte de la section et de la longueur du câble, il peut arriver que le disjoncteur ne réagisse pas (à temps). Le courant de court-circuit élevé fera chauffer le câble très rapidement, jusqu'à provoquer l'incendie.
- **Les courts-circuits** libèrent des courants très élevés. Le $I_{cc\ max}$ ou courant de court-circuit maximum attendu. Dans ce cas, quelques secondes sont plus que suffisantes pour faire fondre et enflammer votre câble. Plus ils sont proches du tableau de distribution principal (TGBT), plus les courants de court-circuit peuvent être élevés. Plus on s'éloigne vers un sous-tableau, plus les courants de court-circuit seront faibles. Pour donner un exemple, les disjoncteurs industriels les plus courants dans le TGBT peuvent facilement supporter 25kA (25 000A) et même beaucoup plus.
