

NORME INTERNATIONALE

CEI 60287-3-2

Première édition
1995-06

Câbles électriques – Calcul du courant admissible –

Partie 3-2: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Optimisation économique des sections d'âme de câbles électriques de puissance

*Cette version **française** découle de la publication d'origine **bilingue** dont les pages anglaises ont été supprimées.
Les numéros de page manquants sont ceux des pages supprimées.*



Numéro de référence
CEI 60287-3-2:1995(F)

NORME INTERNATIONALE

CEI 60287-3-2

Première édition
1995-06

Câbles électriques – Calcul du courant admissible –

Partie 3-2: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Optimisation économique des sections d'âme de câbles électriques de puissance

© IEC 1995 Droits de reproduction réservés

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
0 Introduction	6
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Symboles	14
4 Calcul des coûts totaux	16
5 Détermination des sections économiques de l'âme	22
5.1 Première méthode: fourchette d'intensité de courant économique pour chaque âme d'une série de sections d'âme	22
5.2 Deuxième méthode: section économique de l'âme pour une charge donnée	24
Annexes	
A Exemples de calculs de sections économiques de l'âme	28
B Estimation de la température moyenne et de la résistance des âmes	50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

—————

**CÂBLES ÉLECTRIQUES –
CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –**
**Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement –
Section 2: Optimisation économique des sections d'âme
de câbles électriques de puissance**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 287-3-2 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette première édition de la CEI 287-3-2 annule et remplace la première édition de la CEI 1059 parue en 1991, sans changement technique.

La CEI 287-1-1 remplace les sections un et deux de la deuxième édition de la CEI 287; la CEI 287-2-1 remplace la section trois et les annexes C et D de la deuxième édition de la CEI 287; la CEI 287-3-1 remplace les annexes A et B de la deuxième édition de la CEI 287.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
20A(BC)131	20A(BC)139

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

0 Introduction

La CEI 287 a été divisée en trois parties et diverses sections de manière à faciliter les révisions et les adjonctions.

Chaque partie est divisée en sections qui sont publiées en tant que normes séparées.

Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes

Partie 2: Résistance thermique

Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement

Auparavant, cette section constituait la CEI 1059.

0.1 Aspects généraux

La procédure généralement utilisée pour le choix d'une section d'âme de câble conduit à retenir la section minimale admissible, ce qui diminue également le coût d'investissement initial du câble. Elle ne tient pas compte du coût des pertes intervenant pendant la durée de vie du câble.

Le coût croissant de l'énergie, venant s'ajouter aux pertes d'énergie importantes provoquées par les températures de fonctionnement élevées possibles avec les nouveaux matériaux isolants (par exemple 90 °C pour le PR et l'EPR), impose actuellement d'effectuer le choix des sections de câble en fonction de critères économiques plus larges. Plutôt que de réduire uniquement le coût initial, il convient de minimiser également le coût des pertes sur la durée de vie économique du câble. Concernant cette dernière condition, le choix d'une section de câble plus forte que celle déterminée pour obtenir un coût initial minimal conduit à des pertes plus faibles pour le même courant, ce qui est beaucoup moins coûteux, si l'on considère sa durée de vie économique.

On peut calculer les coûts futurs des pertes d'énergie pendant la durée de vie économique d'un câble en évaluant de façon adéquate l'accroissement de la charge et le coût de l'énergie. La section d'âme la plus économique est obtenue en minimisant la somme des coûts futurs des pertes d'énergie et du coût initial d'achat et d'installation.

Lorsque l'on choisit une section d'âme de câble plus forte que celle déterminée par les contraintes thermiques, l'économie sur le coût global est due à une réduction considérable du coût des pertes par effet Joule comparées à l'augmentation du coût d'achat. Pour les valeurs des paramètres financiers et électriques utilisées dans la présente norme et qui ne sont pas exceptionnelles, l'économie sur le coût total d'achat et d'exploitation est de l'ordre de 50 % (voir l'article A.6 de l'annexe A). Les calculs effectués sur des périodes financières beaucoup plus courtes peuvent conduire à un résultat analogue.

Un point également important, et qui est démontré par des exemples, réside dans le fait que les économies possibles ne dépendent pas de façon critique de la section d'âme lorsqu'elle se situe dans la zone des valeurs économiques, voir la figure A.3. Cela entraîne deux implications:

a) L'impact des erreurs sur les données financières, particulièrement celles qui déterminent les coûts futurs, est faible. Alors qu'il est avantageux de rechercher des données aussi précises que possible, on peut réaliser des économies considérables en utilisant des données basées sur des estimations raisonnables.

b) Il est possible, sans perdre une trop grande partie des bénéfices réalisés en choisissant une section d'âme économique, d'accorder l'importance qui convient à d'autres considérations sur le choix des sections d'âme qui entrent dans le coût global d'une installation, telles que les courants de défaut, les chutes de tension et les sections d'âme normalisées.

0.2 Aspects économiques

Pour ajouter les coûts d'achat et d'installation au coût des pertes d'énergie intervenant pendant la durée de vie économique du câble, il est nécessaire de les exprimer en termes de valeurs économiques comparables, c'est-à-dire des valeurs qui se rapportent à une même époque dans le temps. Il est pratique d'utiliser la date d'achat de l'installation comme point de référence et de s'y référer comme le «présent». Les coûts «futurs» des pertes d'énergie sont ensuite convertis en leurs «valeurs actuelles» équivalentes. On utilise pour cela le processus d'actualisation, le taux d'actualisation étant lié au coût des emprunts.

Dans la procédure donnée ici, il a été fait abstraction de l'inflation car elle a une influence à la fois sur le coût des emprunts et sur le coût de l'énergie. Si ces paramètres sont considérés sur une même durée et que les effets de l'inflation sont approximativement les mêmes pour les deux, le choix d'une section d'âme économique peut être fait de façon satisfaisante sans y ajouter la complication de l'inflation.

Pour calculer la valeur actualisée des coûts des pertes, il est nécessaire de choisir des valeurs appropriées pour l'accroissement futur de la charge, les augmentations annuelles du prix du kWh et les taux annuels d'actualisation pendant la durée de vie économique du câble, qui peut être de 25 ans ou plus. Cette norme ne peut pas donner d'indications sur ces aspects, ceux-ci étant liés aux conditions et aux contraintes financières des installations particulières. On se contente de donner ici des formules appropriées; le choix des facteurs économiques incombe au concepteur et à l'utilisateur.

Les formules proposées dans cette norme sont simples, mais lors de leur application, il convient de ne pas oublier qu'elles sont basées sur l'hypothèse d'une stabilité des paramètres financiers sur toute la durée de vie économique du câble. Les observations précédentes sur les effets de la précision de ces paramètres sont néanmoins également valables ici.

Il y a deux façons d'aborder le calcul de la section économique, qui s'appuient sur les mêmes concepts financiers. La première, fondée sur la considération d'une série de sections d'âme, consiste à calculer une fourchette de courants économiques pour chacune des sections envisagées pour des conditions d'installation particulières et, ensuite, à choisir la section dont la fourchette économique répond à la valeur requise de la charge. Cette méthode est applicable dans le cas de plusieurs installations similaires. La seconde méthode, qui peut s'avérer meilleure quand il s'agit d'une seule installation, consiste à calculer la section optimale pour la charge requise et à choisir ensuite la section d'âme normalisée la plus proche.

0.3 Autres critères

On doit également considérer d'autres critères, tels que les courants de court-circuit et leur durée, les chutes de tension et la gamme des sections d'âme normalisées. Cependant, un câble choisi du fait de sa section d'âme économique peut être également satisfaisant sur ces divers points, de sorte que, lors du dimensionnement d'un câble, il peut être utile de suivre la séquence suivante:

- a) calculer la section d'âme économique;
- b) vérifier, en utilisant les méthodes données dans la CEI 287-1, dans la CEI 287-2 et dans la CEI 853, que la section déterminée en a) est suffisante pour transporter la charge maximale prévue à la fin de la période économique, sans que la température de l'âme dépasse la valeur maximale admissible;
- c) vérifier que la section de câble choisie peut supporter en toute sécurité les courants de court-circuit prévus et les courants de défaut à la terre pendant les durées correspondantes;
- d) vérifier que la chute de tension à l'extrémité du câble reste dans des limites acceptables;
- e) vérifier que la section de câble satisfait bien aux autres critères propres à l'installation.

Pour compléter le domaine du choix économique, il convient d'accorder une importance suffisante aux conséquences des interruptions d'alimentation. Il peut s'avérer nécessaire d'utiliser une section d'âme plus forte que ne l'exigent les conditions de charge normales et/ou le choix économique, ou d'adapter le réseau en conséquence.

Les conséquences financières entraînées par des décisions erronées, pondérées par un facteur de probabilité, peuvent également entrer dans les composantes du coût. Cependant, cela conduit à pénétrer dans le domaine de la théorie de la décision, qui ne fait pas l'objet de cette norme.

Ainsi, le dimensionnement économique d'un câble ne représente qu'un des aspects économiques de la liaison dans son ensemble et peut céder le pas à d'autres facteurs économiques prépondérants.

CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Section 2: Optimisation économique des sections d'âme de câbles électriques de puissance

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale traite uniquement du choix économique des sections d'âme de câbles basé sur les pertes par effet Joule. Les pertes liées à la tension n'ont pas été prises en compte.

NOTES

1 Il est recommandé de ne pas utiliser la méthode donnée dans cette norme pour les câbles fonctionnant à des niveaux de tensions supérieures ou égales aux valeurs suivantes (voir CEI 287-1-1):

<i>Type de câble</i>	<i>Tension du réseau U_0</i> kV
<i>Câbles isolés au papier imprégné:</i>	
type «solid»	38
à huile et sous pression de gaz	63,5
<i>Câbles isolés avec d'autres matériaux:</i>	
caoutchouc butyle	18
EPR	63,5
PVC	6
PE (HD et BD)	127
PR (non chargé)	127
PR (chargé)	63,5

2 Les modifications à la méthode donnée dans cette norme, destinées à prendre en compte les pertes diélectriques, sont à l'étude.

De la même façon, des questions telles que la maintenance, les pertes d'énergie dans les systèmes à refroidissement forcé et les coûts d'énergie fonction de l'heure du jour ne sont pas traitées dans cette norme.

Un exemple d'application de la méthode à une liaison d'alimentation hypothétique est donné dans l'annexe A.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 287-3. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 287-3 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 228: 1978, *Ames des câbles isolés*

CEI 287-1-1: 1994, Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Section 1: Généralités

CEI 287-2-1: 1994, Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 2: Résistance thermique – Section 1: Calcul de la résistance thermique

CEI 853, Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours