

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
287-1-2**

Première édition
First edition
1993-11

**Câbles électriques –
Calcul du courant admissible –**

Partie 1:

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

Section 2: Facteurs de pertes par courants de
Foucault dans les gaines dans le cas de deux
circuits disposés en nappe

**Electric cables –
Calculation of the current rating –**

Part 1:

Current rating equations (100 % load factor)
and calculation of losses –

Section 2: Sheath eddy current loss factors for
two circuits in flat formation



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 287-1-2: 1993

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la C E I est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la C E I et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la C E I**
- **Annuaire de la C E I**
- **Catalogue des publications de la C E I**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la C E I: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la C E I, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la C E I: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la C E I: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la C E I, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la C E I établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la C E I préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of I E C publications is kept under constant review by the I E C, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from I E C National Committees and from the following I E C sources:

- **I E C Bulletin**
- **I E C Yearbook**
- **Catalogue of I E C Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to I E C Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the I E C for general use, readers are referred to:

- I E C Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- I E C Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from I E C Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

I E C publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists I E C publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
287-1-2**

Première édition
First edition
1993-11

**Câbles électriques –
Calcul du courant admissible –**

Partie 1:

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

Section 2: Facteurs de pertes par courants de
Foucault dans les gaines dans le cas de deux
circuits disposés en nappe

**Electric cables –
Calculation of the current rating –**

Part 1:

Current rating equations (100 % load factor)
and calculation of losses –

Section 2: Sheath eddy current loss factors for
two circuits in flat formation

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

No part of this publication may be reproduced or utilized in
any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Symboles	8
4 Description de la méthode	10
4.1 Généralités	10
4.2 Grandes lignes de la méthode	10
4.3 Critères d'utilisation des formules et coefficients	14
5 Formules pour les facteurs de pertes dans les gaines de résistance élevée dans un circuit unique, λ_0	14
6 Calcul des coefficients H , N et J	14
6.1 Affectation des coefficients pour chaque câble, ordre de succession et identification des phases	14
6.2 Calcul des coefficients H (1, 2 et 3) tableau 1	18
6.3 Calcul des coefficients N (1, 2, 3, 4, 5 et 6) tableau 2	20
6.4 Calcul des coefficients J (1, 2, 3, 4, 5 et 6), tableaux 3 à 11	20
6.5 Calcul des coefficients G_s et g_s	24
7 Notes sur la transposition des câbles	24
8 Exemples de calcul des pertes par courants de Foucault	26
8.1 Introduction	26
8.2 Exemple 1	26
8.3 Exemple 2	28
Tableaux	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Symbols	9
4 Description of method	11
4.1 General	11
4.2 Outline of method	11
4.3 Criteria for use of formulae and coefficients	15
5 Formulae for sheath loss factors for high-resistance sheaths in a single circuit, λ_0	15
6 Calculation of the coefficients H , N and J	15
6.1 Allocation of coefficients to each cable, time sequence and phase identification	15
6.2 Calculation of coefficients H (1, 2 and 3), table 1	19
6.3 Calculation of coefficients N (1, 2, 3, 4, 5 and 6), table 2	21
6.4 Calculation of coefficients J (1, 2, 3, 4, 5 and 6), tables 3 to 11	21
6.5 Calculation of coefficients G_s and g_s	25
7 Notes on transposition of cables	25
8 Worked examples of calculation of eddy current losses	27
8.1 Introduction	27
8.2 Example 1	27
8.3 Example 2	29
Tables	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES ÉLECTRIQUES –
CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –****Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible
(facteur de charge 100 %) et calcul des pertes –
Section 2: Facteurs de pertes par courants de Foucault dans les gaines
dans le cas de deux circuits disposés en nappe**

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 287-1-2 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

La deuxième édition de la CEI 287 (1982) est en cours de révision et sera subdivisée en trois parties, chaque partie comprenant plusieurs sections publiées séparément. Au fur et à mesure que ces parties et ces sections seront publiées, elles annuleront et remplaceront les articles correspondants dans la deuxième édition de la CEI 287. Le nouveau titre de la CEI 287 est le suivant: Câbles électriques – Calcul du courant admissible.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
20A(BC)151	20A(BC)161

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRIC CABLES – CALCULATION OF THE CURRENT RATING –

Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 287-1-2 has been prepared by sub-committee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

The second edition of IEC 287 (1982) is being revised and will be sub-divided into parts, each part containing several sections and issued separately. As these parts and sections are published, they will supersede and replace the relevant clauses in the second edition of IEC 287. The new title of IEC 287 is: Electric cables – Calculation of the current rating.

The text of this standard is based on the following documents:

DIS	Report on voting
20A(CO)151	20A(CO)161

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

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

Section 2: Facteurs de pertes par courants de Foucault dans les gaines dans le cas de deux circuits disposés en nappe

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 287-1 présente une méthode de calcul des pertes par courants de Foucault dans les gaines métalliques dans le cas de câbles unipolaires disposés en nappe en double circuit triphasé. Les gaines sont court-circuitées en un point ou sont permutées de manière qu'il n'y ait pas de courants de circulation notables dans les gaines. Lorsque les gaines métalliques sont court-circuitées aux deux extrémités, il se produit des courants de circulation notables qui entraînent une réduction du courant permanent admissible. Une méthode de calcul des pertes par courants de circulation dans le cas d'un double circuit est à l'étude.

Cette méthode donne des coefficients de correction à appliquer aux facteurs de pertes dans le cas des gaines d'un circuit triphasé isolé. Ces corrections sont négligeables pour les câbles où le paramètre m est inférieur à environ 0,1 ($m = \omega/10^7 R_g$), ce qui correspond à une résistance longitudinale de la gaine supérieure à 314 $\mu\Omega/m$ à 50 Hz.

Par conséquent, il convient d'utiliser cette méthode pour la plupart des sections de câbles à gaine en aluminium, mais il n'est pas nécessaire de l'appliquer aux câbles à gaine de plomb, à moins qu'ils ne soient très gros.

Les coefficients sont donnés sous forme de tableaux et ont été calculés à partir de formules fondamentales pour les pertes dans les gaines, dont l'évaluation nécessite une compétence en matière de programmation sur ordinateur parfois difficile à obtenir dans des situations commerciales courantes. Le développement de formules simplifiées pour certains coefficients donnés sous forme de tableaux est à l'étude.

Les pertes dans le cas de câbles en circuit unique seront couvertes dans la CEI 287-1-1 (à l'étude).

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 287-1. 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 287-1 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 287: 1982, *Calcul de courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100 %)*

ELECTRIC CABLES – CALCULATION OF THE CURRENT RATING –

Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation

1 Scope

This section of IEC 287-1 provides a method for calculating the eddy current losses in the metallic sheaths of single-core cables arranged as a three-phase double circuit in flat formation. The sheaths are bonded at one point or are cross-bonded so that there are no significant sheath circulating currents. Where metallic sheaths are bonded at both ends there are significant circulating currents which result in a lower current-carrying capacity. A method of calculating circulating current losses for double circuits is under consideration.

The method provides coefficients which are applied as corrections to the loss factors for the sheaths of one isolated three-phase circuit. These corrections are negligible for cables where the parameter m is less than about 0,1 ($m = \omega/10^7 R_s$), which corresponds to a sheath longitudinal resistance higher than 314 $\mu\Omega/m$ at 50 Hz.

Consequently the method should be used for most sizes of aluminium-sheathed cables, but is not required for lead-sheathed cables unless they are unusually large:

The coefficients are provided in tabular form and have been computed from fundamental formulae for sheath losses, the evaluation of which calls for expertise in computer programming which might not be readily available in general commercial situations. The development of simplified formulae for some of the tabulated coefficients is under consideration.

Losses for cables in a single circuit will be covered in IEC 287-1-1 (under consideration).

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 287-1. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 287-1 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 287: 1982, *Calculation of the continuous current rating of cables (100 % load factor)*

CEI 287-1-1: 199X, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calculs des pertes – Section 1: (à l'étude)*

3 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente section de la CEI 287-1 et les grandeurs qu'ils représentent sont donnés dans la liste suivante. Quelques-uns des symboles utilisés dans cette section peuvent être utilisés pour représenter des grandeurs différentes dans d'autres sections de la CEI 287.

A, B, C, D sont les coefficients utilisés dans le calcul par interpolation de H et J

D_s est le diamètre extérieur de la gaine métallique (mm)

D_{it} est le diamètre du cylindre imaginaire coaxial à la gaine ondulée et tangent à la surface intérieure des creux (mm)

D_{oc} est le diamètre du cylindre imaginaire coaxial à la gaine ondulée et tangent à la surface extérieure des crêtes (mm)

G_s est le coefficient représentant les pertes par courants de Foucault dans l'épaisseur de la gaine, dues au courant dans l'âme

R est la résistance électrique de l'âme en courant alternatif à sa température maximale de service (Ω/m)

R_s est la résistance de la gaine (Ω/m)

S, T, U, V sont les coefficients utilisés dans le calcul par interpolation de J

c est la distance entre les centres des câbles dans des circuits adjacents (voir figure 1) (mm)

d est le diamètre moyen de la gaine (mm)

f est la fréquence du réseau (Hz)

g_s est le coefficient représentant les pertes par courants de Foucault dans l'épaisseur de la gaine, dues au courant dans les câbles adjacents

m égale $\frac{\omega}{R_s} \times 10^{-7}$

s est la distance entre les centres d'un câble d'un même circuit (mm)

t_s est l'épaisseur de la gaine (mm)

y égale $\frac{s}{c}$

z égale $\frac{d}{2s}$

β_1 est le coefficient utilisé en 6.5

λ_0 est le facteur de perte de la gaine pour une gaine à résistance élevée, dans un circuit unique

λ_1'' est le facteur de perte de la gaine pour une gaine à résistance faible, dans un circuit unique

λ_{1d}'' est le facteur de perte de la gaine pour une gaine à résistance faible, dans un double circuit

IEC 287-1-1: 199X, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 1: (under consideration)*

3 Symbols

The symbols used in this section of IEC 287-1 and the quantities they represent are given in the following list. Some of the symbols used in this section may be used to represent different quantities in other section of IEC 287.

A, B, C, D are coefficients used to interpolate for H and J

D_s is the external diameter of the metal sheath (mm)

D_{it} is the diameter of the imaginary cylinder which just touches the inside surface of the troughs of a corrugated sheath (mm)

D_{oc} is the diameter of the imaginary coaxial cylinder which just touches the crests of a corrugated sheath (mm)

G_s is the coefficient which accounts for losses due to eddy currents across the thickness of the sheath due to the current in the conductor

R is the alternating current resistance of the conductor at its maximum operating temperature (Ω/m)

R_s is the resistance of the sheath (Ω/m)

S, T, U, V are the coefficients used to interpolate for J

c is the distance between centres of cables in adjoining circuits (see figure 1) (mm)

d is the mean diameter of the sheath (mm)

f is the system frequency (Hz)

g_s is the coefficient which accounts for losses due to eddy currents across the thickness of the sheath, due to currents in adjacent cables

m is equal to $\frac{\omega}{R_s} \times 10^{-7}$

s is the distance between centres of cables in the same circuit (mm)

t_s is the thickness of the sheath (mm)

y is equal to $\frac{s}{c}$

z is equal to $\frac{d}{2s}$

β_1 is the coefficient used in 6.5

λ_0 is the sheath loss factor for a high-resistance sheath in a single circuit

λ_1' is the sheath loss factor for a low-resistance sheath in a single circuit

λ_{1d}'' is the sheath loss factor for a low-resistance sheath in a double circuit

ρ_s est la résistivité électrique du matériau de la gaine à la température de service ($\Omega \cdot m$)

ω est la pulsation (fréquence angulaire $2\pi f$) (1/s)

4 Description de la méthode

4.1 Généralités

La méthode est utilisée de manière similaire à celle utilisée pour les circuits uniques dans la section 1 de la CEI 287-1-1. Là, les formules proposées pour les facteurs de pertes applicables à des gaines de résistance linéique longitudinale telle que m est inférieur à 0,1 ($R_s = 314 \mu\Omega/m$ à 50 Hz) sont données avec des formules empiriques permettant de calculer les coefficients de correction pour les gaines de résistance moins élevée.

Cependant, dans le cas d'un double circuit, ces formules empiriques précises, couvrant la gamme complète de coefficients, devraient contenir un si grand nombre de termes qu'elles ne présenteraient que peu ou pas d'avantage par rapport aux coefficients précis donnés sous forme de tableaux, avec possibilité d'interpolation. Cette dernière solution offre l'avantage que la précision des facteurs de pertes peut être sensiblement égale à celle des calculs d'origine et est supérieure à 1 %.

Le développement de formules empiriques pour une gamme limitée de coefficients est à l'étude.

Afin d'expliquer la méthode, celle-ci est décrite ci-après d'une manière adaptée à une réalisation manuelle des calculs. Mais, étant donné la longueur des calculs à effectuer pour obtenir les facteurs de pertes pour six câbles, ceux-ci seront généralement effectués par ordinateur. Dans ces conditions, il est tout à fait justifié d'interpoler (le cas échéant) entre les valeurs figurant dans les tableaux.

Cependant, dans bien des cas, les valeurs des paramètres correspondants seront telles que l'interpolation ne sera pas nécessaire ou sera réalisable avec une précision suffisante par simple examen.

Les mêmes formules que celles utilisées dans la CEI 287-1-1, peuvent servir à tenir compte de l'effet des courants de Foucault circulant dans l'épaisseur de la gaine.

4.2 Grandes lignes de la méthode

Le facteur de perte dans la gaine d'un câble donné, dans un circuit double posé en nappe (voir figure 1), est évalué comme suit:

$$\lambda''_{1d} = \frac{R_s}{R} [\lambda_0 \cdot H(1 \text{ à } 3) \cdot N(1 \text{ à } 6) \cdot J(1 \text{ à } 6) \cdot g_s + G_s] \quad (1)$$

où

λ''_{1d} est le facteur de perte de la gaine pour une gaine à résistance faible, dans un double circuit;

λ_0 est le facteur de perte de la gaine pour une gaine à résistance élevée, dans un circuit unique;

ρ_s is the electrical resistivity of sheath material at operating temperature ($\Omega \cdot m$)

ω is the angular frequency of system ($2\pi f$) (1/s)

4 Description of method

4.1 General

The method proceeds in a way similar to that used for single circuits in IEC 287-1-1. There, formulae for loss factors applicable to sheaths having a longitudinal resistance such that m is less than 0,1 ($R_s = 314 \mu\Omega/m$ at 50 Hz) are given, together with empirical formulae to calculate the correction coefficient for lower resistance sheaths.

However, for double circuits, accurate empirical formulae covering the complete range of coefficients would need to contain so many terms that their use would show little or no advantage over the use of precise, tabulated coefficients with interpolation, as necessary. This latter course has the advantage that the accuracy of the loss factors can be closely equal to that of the original calculations and is better than 1 %.

The development of empirical formulae for a limited range of coefficients is under consideration.

In order to explain the method, it is described here in a way appropriate to manual evaluation of the arithmetic. However, because of the appreciable effort required to provide loss factors for six cables, it is to be expected that calculations will usually be effected by means of a computer. Under these circumstances, the decision to use interpolation (as necessary) between tabulated values is fully justified.

However, in many cases, values of the relevant parameters will be such that interpolation is unnecessary or may be accomplished with sufficient accuracy by inspection.

Corrections to cover the effect of eddy currents circulating within the thickness of a sheath are derived with the use of the same formulae as those used in IEC 287-1-1.

4.2 Outline of method

The loss factor for the sheath of a given cable in a double-circuit flat formation (see figure 1) is evaluated as follows:

$$\lambda''_{1d} = \frac{R_s}{R} [\lambda_0 \cdot H(1 \text{ to } 3) \cdot N(1 \text{ to } 6) \cdot J(1 \text{ to } 6) \cdot g_s + G_s] \quad (1)$$

where

λ''_{1d} is the sheath loss factor for a low-resistance sheath in a double circuit;

λ_0 is the sheath loss factor for a high-resistance sheath in a single circuit;

- H (1 à 3) sont les coefficients de correction de la résistance de la gaine, se rapportant aux câbles 1, 2 ou 3 dans un circuit unique;
- N (1 à 6) sont les coefficients introduisant les influences mutuelles entre les circuits et dépendant de ce fait de l'ordre de succession des phases dans les câbles 1 à 3 et 4 à 6;
- J (1 à 6) sont les coefficients dépendant de la position des câbles 1 à 3 et 4 à 6, dans chaque circuit;
- g_s est le coefficient qui représente les pertes par courants de Foucault dans l'épaisseur de la gaine, dues aux courants dans les câbles adjacents;
- G_s est le coefficient qui représente les pertes par courants de Foucault dans l'épaisseur de la gaine, dues au courant dans l'âme.

Les rôles joués par les coefficients N et J ne sont pas directement liés à une fonction physique, mais ils ont été choisis pour simplifier la mise sous forme de tableaux. La nomenclature est arbitraire.

Les valeurs de H , N et J sont obtenues à partir des tableaux 1 à 11 et sont choisies en fonction des paramètres suivants, ainsi que de la position du câble et de l'ordre de succession des intensités de courant dans les âmes.

$$m = \frac{\omega}{R_s} \times 10^{-7} \quad \omega = 2\pi f$$

où

f est la fréquence du réseau (Hz);

R_s est la résistance de la gaine à la température de fonctionnement (Ω/m);

$$z = \frac{d}{2s}$$

où

s est la distance entre les centres des câbles d'un même circuit (mm);

d est le diamètre moyen d'une gaine (mm);

$$y = \frac{s}{c}$$

où

c est la distance entre les centres des câbles dans des circuits adjacents. (voir figure 1) (mm).

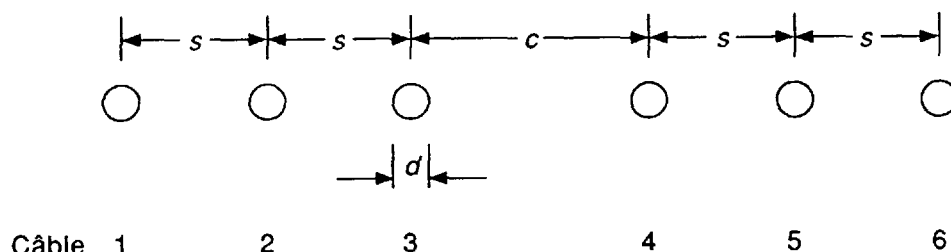


Figure 1 – Configuration de câbles

- H (1 to 3) are the coefficients which correct for sheath resistance, the values obtained relate to cables 1, 2 or 3 in a single circuit;
- N (1 to 6) are the coefficients which introduce the mutual influences between circuits and are therefore dependent on the relative phase sequences of cables 1 to 3 and 4 to 6;
- J (1 to 6) are the coefficients which depend on the cable positions 1 to 3 and 4 to 6 in each circuit;
- g_s is the coefficient which accounts for losses due to eddy currents across the thickness of the sheath, due to currents in adjacent cables;
- G_s is the coefficient which accounts for losses due to eddy currents across the thickness of the sheath, due to the current in the conductor.

The tasks performed by coefficients N and J are not directly related to any physical function, but have been selected to simplify the tabulation. The nomenclature is arbitrary.

Values of H , N and J are obtained from tables 1 to 11 and are chosen according to the following parameters together with the position of the cable and the phase sequence of the currents in the conductors.

$$m = \frac{\omega}{R_s} \times 10^{-7} \quad \omega = 2\pi f$$

where

f is the system frequency (Hz);

R_s is the sheath resistance at operating temperature (Ω/m);

$$z = \frac{d}{2s}$$

where

s is the distance between centres of cables in the same circuit (mm);

d is the mean diameter of a sheath (mm);

$$y = \frac{s}{c}$$

where

c is the distance between centres of cables in adjoining circuits (see figure 1) (mm).

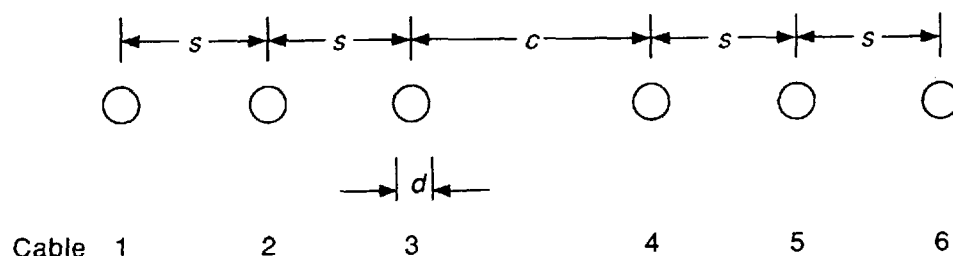


Figure 1 – Cable configuration

NOTE – Pour un circuit unique, avec des gaines de faibles résistances, les facteurs peuvent être obtenus en utilisant uniquement les coefficients H (1, 2 et 3), comme suit:

$$\lambda_1'' = \frac{R_s}{R} [\lambda_0 \cdot H(1 \text{ à } 3) \cdot g_s + G_s]$$

4.3 Critères d'utilisation des formules et coefficients

Pour les gaines dont la valeur de m est inférieure à 0,1, ce qui est applicable à la plupart des câbles à gaine de plomb, on peut supposer les coefficients H , N , J et g_s égaux à l'unité et G_s égal à zéro. Dans ces conditions, λ_0 peut être utilisé sans correction pour les circuits doubles.

Lorsque la valeur de m est égale ou supérieure à 0,1, ce qui est généralement le cas de tous les câbles à l'exception des câbles de petites dimensions à gaine en aluminium, il faut calculer les valeurs de H , N , J et g_s . Le coefficient G_s n'est important que lorsque la valeur de m est égale ou supérieure à l'unité.

5 Formules pour les facteurs de pertes dans les gaines de résistance élevée dans un circuit unique, λ_0

Le facteur de pertes dans les gaines λ_0 est donné par

$$\lambda_0 = C \frac{m^2}{(1 + m^2)} \left[\frac{d}{2s} \right]^2 \quad (2)$$

Pour trois câbles unipolaires posés en nappe, le coefficient C est donné par:

Câble	Coefficient C
Câble central	6
Câbles extérieurs	1,5

6 Calcul des coefficients H , N et J

6.1 Affectation des coefficients pour chaque câble, ordre de succession et identification des phases

Il est important de noter la façon dont les coefficients H , N et J dépendent de l'ordre de succession des intensités de courant et de la position physique des âmes.

Les câbles doivent être numérotés selon la figure 1.

Les coefficients H (1, 2 et 3), tableau 1, sont affectés en fonction de l'ordre de succession des intensités et associés à la position des câbles, de sorte que les dispositions de circuit unique suivantes aient la même séquence temporelle:

Numéro de câble	1	2	3
Séquence	R	S	T
ou	S	T	R
ou	T	R	S
avec les coefficients	H_1	H_2	H_3

NOTE - The factors for a single circuit having low-resistance sheaths can be obtained by using the coefficients H (1, 2 and 3) only, as follows:

$$\lambda_1'' = \frac{R_s}{R} [\lambda_0 \cdot H(1 \text{ to } 3) \cdot g_s + G_s]$$

4.3 Criteria for use of formulae and coefficients

For sheaths for which the value of m is less than 0,1, which includes most lead-sheathed cables, it may be assumed that the coefficients H , N , J and g_s are unity and G_s is zero. In such circumstances, λ_0 may be used for twin circuits without correction.

When the value of m is equal to 0,1 or greater, which is generally the case for all but the smaller aluminium-sheathed cables, values for H , N , J and g_s shall be calculated. The coefficient G_s is important only when the value of m is 1,0 or higher.

5 Formulae for sheath loss factors for high-resistance sheaths in a single circuit, λ_0

The sheath loss factor λ_0 is given by

$$\lambda_0 = C \frac{m^2}{(1 + m^2)} \left[\frac{d}{2s} \right]^2 \tag{2}$$

For three single-core cables in flat formation, the coefficient C is given by:

Cable	Coefficient C
Centre cable	6
Outer cables	1,5

6 Calculation of the coefficients H , N and J

6.1 Allocation of coefficients to each cable, time sequence and phase identification

It is important to note the way in which the coefficients H , N and J are dependent on the time sequence of the currents and the physical position of the conductors.

The cables shall be numbered according to figure 1.

The coefficients H (1, 2 and 3), table 1, are allocated on a basis of time sequence associated with the positions of the cables, so that the following single-circuit arrangements have the same time sequence:

Cable number	1	2	3
Sequence	R	S	T
or	S	T	R
or	T	R	S
with coefficients	H_1	H_2	H_3

Dans l'exemple ci-dessus, le câble 1 est toujours le conducteur extérieur d'une phase en avance et correspond au coefficient H_1 . Le câble 3 est le conducteur extérieur d'une phase en retard et correspond au coefficient H_3 .

Dans les cas ci-dessus, on notera que l'identification des phases indiquée par les symboles R, S et T* n'est pas importante, tandis que seul, l'ordre de succession est important.

Dans des doubles circuits, si l'un ou l'autre des circuits a un ordre de succession inverse, les valeurs de H doivent être attribuées au câble selon un ordre inversé. L'affectation du coefficient H dépend de l'ordre de succession dans chaque circuit.

Dans une configuration en double circuit, l'identification des phases indiquée par les symboles est importante dans la mesure où cette identification par rapport à la position des câbles dans un circuit unique doit être dans l'autre circuit soit identique, séquence directe, soit être une image obtenue par réflexion dans un miroir, séquence inverse.

Deux jeux de coefficients N (1, 2, 3, 4, 5 et 6) correspondant aux séquences directe et inverse sont donnés dans le tableau 2. Si les positions des câbles sont repérées de façon séquentielle et si l'on se conforme aux règles d'identification des phases, les coefficients sont affectés sur la même base que le coefficient H . Il convient de noter que les valeurs pour les câbles 4, 5 et 6 dans la séquence inverse constituent la réflexion des valeurs pour les câbles 1, 2 et 3.

Le nombre de paramètres d'entrée impliqués pour les coefficients J (1, 2, 3, 4, 5 et 6) nécessite l'utilisation de plusieurs tableaux. Les tableaux 3 à 8 concernent l'installation en séquence directe pour chaque câble. Les tableaux 9 à 11 concernent la séquence inverse et les coefficients pour les câbles 1 à 3 sont également utilisés pour les câbles 6 à 4, dans cet ordre. L'affectation des coefficients figure sur les mêmes lignes que pour le coefficient N .

Les tableaux suivants donnent des exemples pour quatre cas courants:

Séquence directe

Numéro de câble	1	2	3	4	5	6	
Ordre de succession	R	S	T	R	S	T	
Affectation H	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	tableau 1
Affectation N	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	tableau 2/directe
Affectation J	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	tableaux 3 à 8/directe

Séquence inverse

Numéro de câble	1	2	3	4	5	6	
Ordre de succession	T	S	R	T	S	R	
Affectation H	H_3	H_2	H_1	H_3	H_2	H_1	tableau 1
Affectation N	N_6	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1	tableau 2/directe
Affectation J	J_6	J_5	J_4	J_3	J_2	J_1	tableaux 3 à 8/directe

- Les lettres R, S, T sont utilisées ici par commodité et sont équivalentes à d'autres jeux de symboles connus pour indiquer l'ordre de succession et l'identification des phases, tels que L_1 , L_2 , L_3 ; a, b, c; R, Y, B; etc.

In the above example, cable 1 is always the outer conductor on a leading phase and takes coefficient H_1 . Cable 3 is the outer conductor on a lagging phase and takes coefficient H_3 .

It will be seen that, for these cases, the phase identification implied by the symbols R, S and T* is not important, it is only the time sequence which is of significance.

In double circuits, if either circuit has a reversed sequence, the values of H must be allocated to the cables in the reverse order. The allocation of coefficient H is dependent on the time sequence within each circuit.

In a double-circuit configuration, the phase identification implied by the symbols is significant to the extent that the phase identification in relation to cable position in one circuit must be either the same as, in the forward sequence, or a mirror image of, in the reverse sequence, that in the other.

Two sets of coefficients N (1, 2, 3, 4, and 6) are given in table 2 corresponding to the forward and reverse sequences. If the cable positions are labelled sequentially and the phase identification rules are adhered to, the coefficients are allocated on the same basis as coefficient H . Note that the values for cables 4, 5 and 6 in the reversed sequence are a reflection of the values for cables 1, 2 and 3.

The number of input parameters involved for the coefficients J (1, 2, 3, 4, 5 and 6) makes it desirable to use several tables. Tables 3 to 8 are for each cable for the forward sequence installation. For the reverse sequence, tables 9 to 11 are provided and the coefficients for cables 1 to 3 are also used for cables 6 to 4, in that order. The allocation is on the same lines as those for coefficient N .

The following tables give examples of four common cases:

Forward sequence

Cable number	1	2	3	4	5	6	
Sequence	R	S	T	R	S	T	
Allocation H	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	table 1
Allocation N	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	table 2, forward
Allocation J	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	tables 3 to 8, forward

Forward sequence

Cable number	1	2	3	4	5	6	
Sequence	T	S	R	T	S	R	
Allocation H	H_3	H_2	H_1	H_3	H_2	H_1	table 1
Allocation N	N_6	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1	table 2, forward
Allocation J	J_6	J_5	J_4	J_3	J_2	J_1	tables 3 to 8, forward

* The letters R, S, T are used here for convenience and are equivalent to other well-known sets of symbols to denote time sequence and phase identification, such as L_1, L_2, L_3 ; a, b, c; R, Y, B; etc.

Séquence inverse

Numéro de câble	1	2	3	4	5	6	
Ordre de succession	R	S	T	T	S	R	
Affectation <i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₁	tableau 1
Affectation <i>N</i>	<i>N</i> ₁	<i>N</i> ₂	<i>N</i> ₃	<i>N</i> ₄	<i>N</i> ₅	<i>N</i> ₆	tableau 2/inverse
Affectation <i>J</i>	<i>J</i> ₁	<i>J</i> ₂	<i>J</i> ₃	<i>J</i> ₄	<i>J</i> ₅	<i>J</i> ₆	tableaux 9 à 11/inverse

Séquence inverse

Numéro de câble	1	2	3	4	5	6	
Ordre de succession	T	S	R	R	S	T	
Affectation <i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₁	tableau 1
Affectation <i>N</i>	<i>N</i> ₁	<i>N</i> ₂	<i>N</i> ₃	<i>N</i> ₄	<i>N</i> ₅	<i>N</i> ₆	tableau 2/inverse
Affectation <i>J</i>	<i>J</i> ₁	<i>J</i> ₂	<i>J</i> ₃	<i>J</i> ₄	<i>J</i> ₅	<i>J</i> ₆	tableaux 9 à 11/inverse

6.2 Calcul des coefficients *H* (1, 2 et 3) tableau 1

Chacun des coefficients *H* est obtenu à partir du tableau 1 en utilisant les paramètres *m* et *z* et la position de chaque câble (voir 6.1).

Lorsque les valeurs de *m* et *z* nécessitent une interpolation entre les valeurs du tableau 1, on peut utiliser la procédure suivante, dans les cas où l'interpolation par examen n'est pas souhaitable.

Les valeurs *H* (*a*, *b*, *c*, *d*) sont obtenues à partir de la partie appropriée du tableau 1, comme l'indique le tableau suivant:

	<i>z</i> ₀	<i>z</i>	<i>z</i> ₁
<i>m</i> ₀	<i>H</i> _{<i>a</i>}		<i>H</i> _{<i>c</i>}
<i>m</i>		<i>H</i>	
<i>m</i> ₁	<i>H</i> _{<i>b</i>}		<i>H</i> _{<i>d</i>}

où *m*₀, *m*₁, *z*₀ et *z*₁ sont des valeurs du tableau inférieures et supérieures aux valeurs de *m* et *z*.

Mettre sous forme de tableau:

<i>m</i> ₀	
<i>m</i> ₁	<i>M</i> = (<i>m</i> ₁ - <i>m</i> ₀)
<i>z</i> ₀	
<i>z</i> ₁	<i>Z</i> = (<i>z</i> ₁ - <i>z</i> ₀)
<i>H</i> _{<i>a</i>}	
<i>H</i> _{<i>b</i>}	
<i>H</i> _{<i>c</i>}	
<i>H</i> _{<i>d</i>}	

Reverse sequence

Cable number	1	2	3	4	5	6	
Sequence	R	S	T	T	S	R	
Allocation <i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₁	table 1
Allocation <i>N</i>	<i>N</i> ₁	<i>N</i> ₂	<i>N</i> ₃	<i>N</i> ₄	<i>N</i> ₅	<i>N</i> ₆	table 2, reverse
Allocation <i>J</i>	<i>J</i> ₁	<i>J</i> ₂	<i>J</i> ₃	<i>J</i> ₄	<i>J</i> ₅	<i>J</i> ₆	tables 9 to 11, reverse

Reverse sequence

Cable number	1	2	3	4	5	6	
Sequence	T	S	R	R	S	T	
Allocation <i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₂	<i>H</i> ₁	table 1
Allocation <i>N</i>	<i>N</i> ₁	<i>N</i> ₂	<i>N</i> ₃	<i>N</i> ₄	<i>N</i> ₅	<i>N</i> ₆	table 2, reverse
Allocation <i>J</i>	<i>J</i> ₁	<i>J</i> ₂	<i>J</i> ₃	<i>J</i> ₄	<i>J</i> ₅	<i>J</i> ₆	tables 9 to 11, reverse

6.2 Calculation of coefficients *H* (1, 2 and 3), table 1

Each coefficient *H* is obtained from table 1 using the parameters *m* and *z* as well as the position of each cable (see 6.1).

When values of *m* and *z* involve interpolation between values in table 1, the following procedure may be used where interpolation by inspection is not desired.

From the relevant part of table 1, values for *H* (*a*, *b*, *c*, *d*) are obtained as shown in the following diagram:

	<i>z</i> ₀	<i>z</i>	<i>z</i> ₁
<i>m</i> ₀	<i>H</i> _a		<i>H</i> _c
<i>m</i>		<i>H</i>	
<i>m</i> ₁	<i>H</i> _b		<i>H</i> _d

where *m*₀, *m*₁, *z*₀ and *z*₁ are tabulated values smaller and larger than the values of *m* and *z*.

Tabulate:

<i>m</i> ₀	
<i>m</i> ₁	<i>M</i> = (<i>m</i> ₁ - <i>m</i> ₀)
<i>z</i> ₀	
<i>z</i> ₁	<i>Z</i> = (<i>z</i> ₁ - <i>z</i> ₀)
<i>H</i> _a	
<i>H</i> _b	
<i>H</i> _c	
<i>H</i> _d	

On a alors:

$$A = H_a = \dots\dots\dots$$

$$B = (H_b - H_a)/M = \dots\dots\dots$$

$$C = (H_c - H_a)/Z = \dots\dots\dots$$

$$D = (H_d + H_a - H_c - H_b)/M.Z = \dots\dots\dots$$

Faire le total de:

$$A = \dots\dots\dots$$

$$+ B \cdot (m - m_0) = \dots\dots\dots$$

$$+ C \cdot (z - z_0) = \dots\dots\dots$$

$$+ D \cdot (m - m_0) \cdot (z - z_0) = \dots\dots\dots$$

$$\text{Coefficient } H = \text{total} = \dots\dots\dots$$

Ce processus peut être répété pour chacun des trois câbles d'un circuit pour obtenir H_1 , H_2 et H_3 .

6.3 Calcul des coefficients N (1, 2, 3, 4, 5 et 6), tableau 2

Les valeurs du coefficient N sont obtenues à partir du tableau 2, en utilisant le paramètre y pour chaque câble. Le tableau indique des valeurs pour les ordres de succession directe et inverse. On notera que dans ce dernier cas les coefficients pour les câbles 4, 5 et 6 forment une image inverse de ceux des câbles 1 à 3.

Si une interpolation s'avère nécessaire, on utilisera une interpolation linéaire unidimensionnelle.

6.4 Calcul des coefficients J (1, 2, 3, 4, 5 et 6), tableaux 3 à 11

Les valeurs du coefficient J pour chaque câble sont obtenues à partir des tableaux 3 à 11, suivant l'ordre de succession des intensités et les paramètres m , z et y .

Les tableaux 3 à 8 sont applicables aux six câbles lorsque les intensités de courant dans les âmes suivent l'ordre de succession direct. Mais, dans un ordre de succession inverse les tableaux 9 à 11 sont applicables aux câbles 1 à 3 et aux câbles 6 à 4, dans cet ordre.

L'interpolation entre les trois paramètres d'entrée peut s'avérer nécessaire et on peut utiliser le schéma suivant pour une interpolation tridimensionnelle.

Les tableaux concernant chaque câble sont disposés en groupes, un pour chaque valeur du paramètre y . On peut choisir deux groupes, l'un pour une valeur de y plus petite que la valeur d'entrée et l'autre, pour une valeur plus grande. Pour chaque groupe, des valeurs de J (a à d) et J (e à h) sont nécessaires (de façon similaire à l'interpolation faite pour H) ainsi qu'il est indiqué dans les tableaux suivants.

	z_0	z	z_1
m_0	J_a		J_c
m		*	
m_1	J_b		J_d

Groupe pour y_0

	z_0	z	z_1
m_0	J_e		J_g
m		*	
m_1	J_f		J_h

Groupe pour y_1

Then:

$$A = H_a = \dots\dots\dots$$

$$B = (H_b - H_a)/M = \dots\dots\dots$$

$$C = (H_c - H_a)/Z = \dots\dots\dots$$

$$D = (H_d + H_a - H_c - H_b)/M.Z = \dots\dots\dots$$

Add together:

$$A = \dots\dots\dots$$

$$+ B \cdot (m - m_0) = \dots\dots\dots$$

$$+ C \cdot (z - z_0) = \dots\dots\dots$$

$$+ D \cdot (m - m_0) \cdot (z - z_0) = \dots\dots\dots$$

$$\text{Coefficient } H = \text{total} = \dots\dots\dots$$

This process is to be repeated for each of the three cables in a circuit to obtain H_1 , H_2 and H_3 .

6.3 Calculation of coefficients N (1, 2, 3, 4, 5 and 6), table 2

Values of coefficient N are obtained from table 2, using parameter y for each cable. The table has values for the forward and reverse sequences. Note that in the latter case the coefficients for cables 4, 5 and 6 form a mirror image of those for cables 1 to 3.

Where interpolation is required, a linear one-dimensional interpolation is adequate.

6.4 Calculation of coefficients J (1, 2, 3, 4, 5 and 6), tables 3 to 11

Values of coefficient J for each cable are obtained from tables 3 to 11, according to the sequence of the currents and the parameters m , z and y .

Tables 3 to 8 apply to the six cables when the currents in the conductors follow the forward sequence. But, in a reversed sequence, tables 9 to 11 apply to cables 1 to 3 and also to cables 6 to 4, in that order.

It may be that interpolation between all three input parameters is necessary and the following scheme for a three-dimensional interpolation may be used.

The tables for each cable are arranged in groups, one for each value of the parameter y . Two groups can be chosen, one for a value of y smaller, and one for a value larger, than the input value. For each group, values of J (a to d) and J (e to h) are required (in a similar way to the interpolation for H), as shown in the following diagrams.

	z_0	z	z_1
m_0	J_a		J_c
m		.	
m_1	J_b		J_d

Group for y_0

	z_0	z	z_1
m_0	J_e		J_g
m		*	
m_1	J_f		J_h

Group for y_1

Une interpolation entre les valeurs marquées * donne la valeur requise de *J* pour chaque câble.

Les calculs peuvent se formuler comme suit:

<i>y</i> ₀	<i>z</i> ₀	<i>m</i> ₀	<i>J</i> _a
		<i>m</i> ₁	<i>J</i> _b
	<i>z</i> ₁	<i>m</i> ₀	<i>J</i> _c
		<i>m</i> ₁	<i>J</i> _d
<i>y</i> ₁	<i>z</i> ₀	<i>m</i> ₀	<i>J</i> _e
		<i>m</i> ₁	<i>J</i> _f
	<i>z</i> ₁	<i>m</i> ₀	<i>J</i> _g
		<i>m</i> ₁	<i>J</i> _h

M = (*m*₁ - *m*₀) *Z* = (*z*₁ - *z*₀) *Y* = (*y*₁ - *y*₀)
m' = (*m* - *m*₀) *z*' = (*z* - *z*₀) *y*' = (*y* - *y*₀)

Calculer:

A = *J*_a =
B = (*J*_b - *J*_a) / *M* =
C = (*J*_c - *J*_a) / *Z* =
D = (*J*_e - *J*_a) / *Y* =
S = [(*J*_a + *J*_d) - (*J*_b + *J*_c)] / *M* · *Z* =
T = [(*J*_a + *J*_g) - (*J*_c + *J*_e)] / *Z* · *Y* =
U = [(*J*_a + *J*_f) - (*J*_b + *J*_e)] / *M* · *Y* =
V = [(*J*_b + *J*_c + *J*_e + *J*_h) - (*J*_a + *J*_d + *J*_f + *J*_g)] / *M* · *Z* · *Y* =

Ajouter ensuite ce qui suit:

A =
B · *m*' =
C · *z*' =
D · *y*' =
S · *m*' · *z*' =
T · *z*' · *y*' =
U · *m*' · *y*' =
V · *m*' · *z*' · *y*' =
J = total =

Les valeurs *J* pour chacun des cinq autres câbles s'obtiennent de la même manière.

Interpolation between the values marked * gives the required value of J for each cable.

The arithmetic may be tabulated as follows:

y_0	z_0	m_0	J_a
		m_1	J_b
	z_1	m_0	J_c
		m_1	J_d
y_1	z_0	m_0	J_e
		m_1	J_f
	z_1	m_0	J_g
		m_1	J_h

$$M = (m_1 - m_0) \dots\dots\dots Z = (z_1 - z_0) \dots\dots\dots Y = (y_1 - y_0) \dots\dots\dots$$

$$m' = (m - m_0) \dots\dots\dots z' = (z - z_0) \dots\dots\dots y' = (y - y_0) \dots\dots\dots$$

Calculate:

$$A = J_a \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$B = (J_b - J_a) / M \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$C = (J_c - J_a) / Z \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$D = (J_e - J_a) / Y \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$S = [(J_a + J_d) - (J_b + J_c)] / M \cdot Z \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$T = [(J_a + J_g) - (J_c + J_e)] / Z \cdot Y \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$U = [(J_a + J_f) - (J_b + J_e)] / M \cdot Y \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$V = [(J_b + J_c + J_e + J_h) - (J_a + J_d + J_f + J_g)] / M \cdot Z \cdot Y \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

Then add up the following:

$$A \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$B \cdot m' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$C \cdot z' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$D \cdot y' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$S \cdot m' \cdot z' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$T \cdot z' \cdot y' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$U \cdot m' \cdot y' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$V \cdot m' \cdot z' \cdot y' \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$J = \text{total} \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

Values of J for each of the other five cables are found in the same way.

6.5 Calcul des coefficients G_s et g_s

$$G_s = \frac{(\beta_1 \times t_s)^4}{12 \times 10^{12}} \quad (3)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \pi \omega}{10^7 \times \rho_s}}$$

$$g_s = 1 + \left[\frac{t_s}{D_s} \right]^{1,74} \times (\beta_1 \times D_s \times 10^{-3} - 1,6) \quad (4)$$

où

ρ_s est la résistivité électrique du matériau de la gaine à la température de service ($\Omega \cdot m$)

D_s est le diamètre extérieur de la gaine (mm);

NOTE – Pour les gaines ondulées, le diamètre extérieur moyen $\frac{D_{oc} + D_{it}}{2} + t_s$ doit être utilisé au lieu de D_s .

où

D_{oc} est le diamètre de cylindre imaginaire coaxial à la gaine ondulée et tangent à la surface extérieure des crêtes de cette gaine (mm);

D_{it} est le diamètre du cylindre imaginaire coaxial à la gaine ondulée et tangent à la surface intérieure des creux de cette gaine (mm);

t_s est l'épaisseur de la gaine (mm).

7 Notes sur la transposition des câbles

L'effet général de la transposition est de faire tourner progressivement soit toutes les âmes ou toutes les gaines, soit les deux, d'une sous-section à l'autre. Ces changements n'influent pas sur l'ordre de succession des intensités de l'âme et, sous réserve que les transpositions soient réalisées de la même façon dans chaque circuit pour l'ordre de succession des phases (c'est-à-dire que les prescriptions concernant la séquence temporelle et la position des câbles données en 6.1 soient appliquées de la même façon pour toutes les sous-sections), la transposition n'affectera pas l'application de la méthode.

La transposition peut s'effectuer soit dans la même direction soit dans la direction opposée à l'ordre de succession des phases. La direction n'affecte pas les pertes par courants de Foucault sous réserve que la direction relative à l'ordre des phases soit la même pour les deux circuits à chaque transposition. Il en résulte que, si les circuits ont des ordres de succession des intensités d'âme inversées, la direction physique de la transposition dans un des circuits sera opposée à celle dans l'autre circuit.

Les valeurs des pertes par courants de Foucault dans les gaines dépendent uniquement de la position dans l'arrangement des câbles et, après calcul, sont applicables à n'importe quelle gaine dans une certaine position, quelle que soit la sous-section.

6.5 Calculation of coefficients G_s and g_s

$$G_s = \frac{(\beta_1 \times t_s)^4}{12 \times 10^{12}} \quad (3)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \pi \omega}{10^7 \times \rho_s}}$$

$$g_s = 1 + \left[\frac{t_s}{D_s} \right]^{1.74} \times (\beta_1 \times D_s \times 10^{-3} - 1,6) \quad (4)$$

where

ρ_s is the electrical resistivity of sheath material at operating temperature ($\Omega \cdot m$)

D_s is the external diameter of sheath (mm);

NOTE – For corrugated sheaths, the mean outside diameter $\frac{D_{oc} + D_{it}}{2} + t_s$ shall be used in place of D_s , where

D_{oc} is the diameter of the imaginary coaxial cylinder which just touches the outside surface of the crests of a corrugated sheath (mm);

D_{it} is the diameter of the imaginary coaxial cylinder which just touches the inside surface of the troughs of a corrugated sheath (mm);

t_s is the sheath thickness (mm).

7 Notes on transposition of cables

The general effect of transposition is to rotate either all of the conductors or all of the sheaths, or both, progressively from sub-section to sub-section. Such changes do not affect the sequence of the conductor currents and, provided that the transpositions in each circuit are effected in the same way with respect to the phase sequence (that is, the requirements for time sequence and sheath position given in 6.1 are observed in the same way for all sub-sections), transposition will not affect the application.

Transposition can take place either in the same direction or in the opposite direction to that of the phase sequence. The direction does not affect the eddy current losses, provided that for both circuits the direction at each transposition, relative to the phase sequence, is the same. It follows that, if the circuits have reversed conductor current sequences, the physical direction of transposition in one circuit will be opposite to that in the other.

Values of sheath eddy current losses are dependent only on position in the cable arrangement and, once calculated, apply to any sheath in a certain position, irrespective of the sub-section.

8 Exemples de calcul des pertes par courants de Foucault

8.1 Introduction

Les dimensions des câbles utilisées dans les exemples suivants sont arbitraires et ne représentent aucun type de câble particulier.

Dans la plupart des cas, il n'y a pas besoin d'interpoler, ou bien les paramètres font appel à certaines parties des tableaux où l'interpolation par examen des valeurs convient.

Cependant, lorsque les intervalles dans les tableaux sont trop importants pour permettre une interpolation par examen ou lorsque les calculs sont faits par ordinateur, les interpolations en série sont utiles et faciles à utiliser manuellement ou à programmer sur un ordinateur.

8.2 Exemple 1

Dans cet exemple, les paramètres d'installation coïncident avec les entrées dans les tableaux et aucune interpolation n'est nécessaire.

Soit:

diamètre moyen de la gaine,	$d = 90 \text{ mm}$
épaisseur de la gaine en aluminium,	$t_s = 3,18 \text{ mm}$
résistance de la gaine,	$R_s = 62,9 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$
résistance de l'âme,	$R = 11,3 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$
résistivité de la gaine, (voir tableau I, CEI 287 (1982))	$\rho_s = 2,8264 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
séparation axiale des câbles, dans les circuits,	$s = 150 \text{ mm}$
entre les circuits,	$c = 375 \text{ mm}$

On a alors:

$$m = \frac{314 \times 10^{-7}}{62,9 \times 10^{-6}} = 0,5$$

$$z = \frac{90}{2 \times 150} = 0,3$$

$$y = \frac{150}{375} = 0,4$$

$$\lambda_0 = C \times \frac{0,5^2}{1 + 0,5^2} \left[\frac{90}{300} \right]^2$$

$$= C \times 0,0180$$

$$\frac{R_s}{R} = \frac{62,9 \times 10^{-6}}{11,3 \times 10^{-6}} = 5,57$$

8 Worked examples of calculation of eddy current losses

8.1 Introduction

The cable dimensions used in the following examples are arbitrary and do not represent any particular type of cable.

In many cases there is no need for interpolation, or the parameters use parts of the tables where interpolation by inspection is adequate.

However, where the intervals in the tables are too large for interpolation by inspection or when calculation is made by computer, the interpolation routines are useful and are not difficult to use manually or to program on a computer.

8.2 Example 1

In this example, the installation parameters coincide with entries in the tables and no interpolation is needed.

Let:

the mean diameter of the sheath,	$d = 90 \text{ mm}$
aluminium sheath thickness,	$t_s = 3,18 \text{ mm}$
sheath resistance,	$R_s = 62,9 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$
conductor resistance,	$R = 11,3 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$
sheath resistivity, (see table I, IEC 287 (1982).	$\rho_s = 2,8264 \times 10^{-8} \Omega.\text{m}$
axial cable spacing within circuits	$s = 150 \text{ mm}$
between circuits	$c = 375 \text{ mm}$

then:

$$m = \frac{314 \times 10^{-7}}{62,9 \times 10^{-6}} = 0,5$$

$$z = \frac{90}{2 \times 150} = 0,3$$

$$y = \frac{150}{375} = 0,4$$

$$\lambda_0 = C \times \frac{0,5^2}{1 + 0,5^2} \left[\frac{90}{300} \right]^2$$

$$= C \times 0,0180$$

$$\frac{R_s}{R} = \frac{62,9 \times 10^{-6}}{11,3 \times 10^{-6}} = 5,57$$

Corrections pour l'épaisseur:

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \times \pi \times 314}{2,8264 \times 10^{-8} \times 10^7}} = 118,2$$

$$g_s = 1 + \left[\frac{3,18}{93,18} \right]^{1,74} (118,2 \times 93,18 \times 10^{-3} - 1,6) = 1,026$$

$$G_s = \frac{(118,2 \times 3,18)^4}{12 \times 10^{12}} = 0,0017$$

Supposons les âmes connectées en séquence inverse.

Câble	1	2	3	4	5	6
Ordre de succession	R	S	T	T	S	R
<i>C</i>	1,5	6,0	1,5	1,5	6,0	1,5
λ_0	0,0270	0,1080	0,0270	0,0270	0,1080	0,0270
<i>H</i> (<i>m</i> = 0,5 <i>z</i> = 0,3)	1,2200	1,0250	0,9190	0,9190	1,0250	1,2200
<i>N</i> (<i>y</i> = 0,4)	1,0605	1,1066	1,2593	1,2593	1,1066	1,0605
<i>J</i> (<i>m</i> = 0,5 <i>z</i> = 0,3 <i>y</i> = 0,4)	1,0100	1,0000	0,9650	0,9650	1,0000	1,0100
<i>g_s</i>	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026
<i>G_s</i>	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
<i>R_s/R</i>	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57

En remplaçant ces valeurs dans l'équation (1)

$$\lambda''_{1d} = 0,211 \quad 0,710 \quad 0,182 \quad 0,182 \quad 0,710 \quad 0,211$$

Pour le câble 1, le calcul donne:

$$\begin{aligned} \lambda''_{1d} &= 5,57 [(0,0270 \times 1,2200 \times 1,0605 \times 1,0100 \times 1,026) + 0,0017] \\ &= 0,211 \end{aligned}$$

8.3 Exemple 2

Dans cet exemple, les paramètres arbitraires choisis nécessitent une interpolation entre les valeurs figurant dans les tableaux.

Corrections for thickness:

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \times \pi \times 314}{2,8264 \times 10^{-8} \times 10^7}} = 118,2$$

$$g_s = 1 + \left[\frac{3,18}{93,18} \right]^{1,74} (118,2 \times 93,18 \times 10^{-3} - 1,6) = 1,026$$

$$G_s = \frac{(118,2 \times 3,18)^4}{12 \times 10^{12}} = 0,0017$$

Assume conductors are connected in a reversed sequence.

Cable	1	2	3	4	5	6
Sequence	R	S	T	T	S	R
C	1,5	6,0	1,5	1,5	6,0	1,5
λ_0	0,0270	0,1080	0,0270	0,0270	0,1080	0,0270
H ($m = 0,5$ $z = 0,3$)	1,2200	1,0250	0,9190	0,9190	1,0250	1,2200
N ($y = 0,4$)	1,0605	1,1066	1,2593	1,2593	1,1066	1,0605
J ($m = 0,5$ $z = 0,3$ $y = 0,4$)	1,0100	1,0000	0,9650	0,9650	1,0000	1,0100
g_s	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026	1,026
G_s	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
R_s/R	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57

Substitute these quantities in equation (1)

$$\lambda''_{1d} \quad \begin{array}{ccccc} 0,211 & 0,710 & 0,182 & 0,182 & 0,710 & 0,211 \end{array}$$

For cable 1, the arithmetic is:

$$\begin{aligned} \lambda''_{1d} &= 5,57 [(0,0270 \times 1,2200 \times 1,0605 \times 1,0100 \times 1,026) + 0,0017] \\ &= 0,211 \end{aligned}$$

8.3 Example 2

In this example, the arbitrary parameters have been selected so that interpolation between tabulated values is required.

Soit:

diamètre moyen de la gaine,	$d = 100 \text{ mm}$
épaisseur de la gaine en aluminium,	$t_s = 2,6 \text{ mm}$
résistance de la gaine,	$R_s = 35 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$
résistance de l'âme,	$R = 9 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$
résistivité de la gaine, (voir tableau I, CEI 287 (1982)),	$\rho_s = 2,8264 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
séparation axiale des câbles, dans les circuits,	$s = 150 \text{ mm}$
entre les circuits,	$c = 400 \text{ mm}$

On a alors:

$$m = \frac{314 \times 10^{-7}}{35 \times 10^{-6}} = 0,897$$

$$z = \frac{100}{2 \times 150} = 0,333$$

$$y = \frac{150}{400} = 0,375$$

$$\lambda_0 = C \frac{0,897^2}{1 + 0,897^2} \left[\frac{100}{2 \times 150} \right]^2$$

$$= C \times 0,0495$$

$$\frac{R_s}{R} = \frac{35 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-6}} = 3,89$$

Prendre le câble 1 et une séquence directe de courants:

$$C = 1,5 \quad \lambda_0 = 1,5 \times 0,0495 = 0,0743$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \times \pi \times 314}{2,8264 \times 10^{-8} \times 10^7}} = 118,2$$

$$g_s = 1 + \left[\frac{2,6}{102,6} \right]^{1,74} (118,2 \times 102,6 \times 10^{-3} - 1,6)$$

$$= 1,018$$

$$G_s = \frac{(118,2 \times 2,6)^4}{12 \times 10^{12}} = 0,0007$$

Let:

the mean sheath diameter,

$$d = 100 \text{ mm}$$

aluminium sheath thickness,

$$t_s = 2,6 \text{ mm}$$

sheath resistance,

$$R_s = 35 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$$

conductor resistance,

$$R = 9 \times 10^{-6} \Omega/\text{m}$$

sheath resistivity,

$$\rho_s = 2,8264 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

(see table I, IEC 287 (1982)),

axial cable spacing within circuits
between circuits

$$s = 150 \text{ mm}$$

$$c = 400 \text{ mm}$$

then:

$$m = \frac{314 \times 10^{-7}}{35 \times 10^{-6}} = 0,897$$

$$z = \frac{100}{2 \times 150} = 0,333$$

$$y = \frac{150}{400} = 0,375$$

$$\lambda_0 = C \frac{0,897^2}{1 + 0,897^2} \left[\frac{100}{2 \times 150} \right]^2$$

$$= C \times 0,0495$$

$$\frac{R_s}{R} = \frac{35 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-6}} = 3,89$$

Take cable number 1, and a forward sequence of currents:

$$C = 1,5 \quad \lambda_0 = 1,5 \times 0,0495 = 0,0743$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \times \pi \times 314}{2,8264 \times 10^{-8} \times 10^7}} = 118,2$$

$$g_s = 1 + \left[\frac{2,6}{102,6} \right]^{1,74} (118,2 \times 102,6 \times 10^{-3} - 1,6)$$

$$= 1,018$$

$$G_s = \frac{(118,2 \times 2,6)^4}{12 \times 10^{12}} = 0,0007$$

a) interpoler pour le calcul de H :

$$m = 0,897 \quad z = 0,333$$

à partir du tableau des coefficients H :

$$m_0 = 0,500$$

$$m_1 = 1,000 \quad M = (m_1 - m_0) = 0,500$$

$$z_0 = 0,300$$

$$z_1 = 0,350 \quad Z = (z_1 - z_0) = 0,050$$

$$(m - m_0) = (0,897 - 0,500) = 0,397$$

$$(z - z_0) = (0,333 - 0,300) = 0,033$$

$$H_a = 1,220$$

$$H_b = 1,347$$

$$H_c = 1,309$$

$$H_d = 1,503$$

$$A = 1,220$$

$$B = (1,347 - 1,220)/0,5 = 0,254$$

$$C = (1,309 - 1,220)/0,05 = 1,780$$

$$D = (1,503 + 1,220 - 1,309 - 1,347)/(0,5 \times 0,05) = 2,680$$

Faire la somme:

$$A = 1,2200$$

$$B \cdot (m - m_0) = 0,254 \times 0,397 = 0,1008$$

$$C \cdot (z - z_0) = 1,780 \times 0,033 = 0,0587$$

$$D \cdot (m - m_0) \cdot (z - z_0) = 2,68 \times 0,397 \times 0,033 = 0,0351$$

$$H = 1,4146$$

b) interpoler pour le calcul de N

$$y = 0,375$$

à partir du tableau des coefficients N :

$$y_0 = 0,3 \quad y_1 = 0,4$$

$$(y - y_0) = 0,375 - 0,3 = 0,075$$

$$N_a = 0,9432 \quad N_b = 0,9238$$

$$N = 0,9432 + \frac{(0,9238 - 0,9432)}{(0,4 - 0,3)} \times 0,075 = 0,929$$

a) interpolate for H :

$$m = 0,897 \quad z = 0,333$$

from the table of H coefficients:

$$m_0 = 0,500$$

$$m_1 = 1,000 \quad M = (m_1 - m_0) = 0,500$$

$$z_0 = 0,300$$

$$z_1 = 0,350 \quad Z = (z_1 - z_0) = 0,050$$

$$(m - m_0) = (0,897 - 0,500) = 0,397$$

$$(z - z_0) = (0,333 - 0,300) = 0,033$$

$$H_a = 1,220$$

$$H_b = 1,347$$

$$H_c = 1,309$$

$$H_d = 1,503$$

$$A = 1,220$$

$$B = (1,347 - 1,220)/0,5 = 0,254$$

$$C = (1,309 - 1,220)/0,05 = 1,780$$

$$D = (1,503 + 1,220 - 1,309 - 1,347)/(0,5 \times 0,05) = 2,680$$

Add together:

$$A = 1,2200$$

$$B \cdot (m - m_0) = 0,254 \times 0,397 = 0,1008$$

$$C \cdot (z - z_0) = 1,780 \times 0,033 = 0,0587$$

$$D \cdot (m - m_0) \cdot (z - z_0) = 2,68 \times 0,397 \times 0,033 = 0,0351$$

$$H = 1,4146$$

b) interpolate for N

$$y = 0,375$$

from the table of N coefficients:

$$y_0 = 0,3 \quad y_1 = 0,4$$

$$(y - y_0) = 0,375 - 0,3 = 0,075$$

$$N_a = 0,9432 \quad N_b = 0,9238$$

$$N = 0,9432 + \frac{(0,9238 - 0,9432)}{(0,4 - 0,3)} \times 0,075 = 0,929$$

c) interpoler pour le calcul de J

$m = 0,897$	$z = 0,333$	$y = 0,375$	
$y_0 = 0,200$	$z_0 = 0,300$	$m_0 = 0,500$	$J_a = 0,995$
		$m_1 = 1,000$	$J_b = 0,992$
	$z_1 = 0,400$		$J_c = 0,991$
			$J_d = 0,984$
$y_1 = 0,400$			$J_e = 0,991$
			$J_f = 0,983$
			$J_g = 0,982$
			$J_h = 0,964$
$M = 0,5$	$Z = 0,1$	$Y = 0,2$	
$m' = 0,397$	$z' = 0,033$	$y' = 0,175$	

$A =$	$0,995$
$B = (0,992 - 0,995) / 0,5 =$	$-0,006$
$C = (0,991 - 0,995) / 0,1 =$	$-0,040$
$D = (0,991 - 0,995) / 0,2 =$	$-0,020$
$Q = [(0,995 + 0,984) - (0,992 + 0,991)] / (0,5 \times 0,1) =$	$-0,080$
$R = [(0,995 + 0,982) - (0,991 + 0,991)] / (0,1 \times 0,2) =$	$-0,250$
$S = [(0,995 + 0,983) - (0,992 + 0,991)] / (0,5 \times 0,2) =$	$-0,050$
$T = [(0,992 + 0,991 + 0,991 + 0,964)$	
$- (0,995 + 0,984 + 0,983 + 0,982)] / (0,5 \times 0,1 \times 0,2) =$	$-0,600$

Faire la somme de:

A	$=$	$0,9950$
$B \cdot m'$	$= -0,006 \times 0,397 =$	$-0,0024$
$C \cdot z'$	$= -0,04 \times 0,033 =$	$-0,0013$
$D \cdot y'$	$= -0,02 \times 0,175 =$	$-0,0035$
$Q \cdot m' \cdot z'$	$= -0,080 \times 0,397 \times 0,033 =$	$-0,0011$
$R \cdot z' \cdot y'$	$= -0,25 \times 0,033 \times 0,175 =$	$-0,0014$
$S \cdot m' \cdot y'$	$= -0,05 \times 0,397 \times 0,175 =$	$-0,0035$
$T \cdot m' \cdot z' \cdot y' =$	$-0,6 \times 0,397 \times 0,033 \times 0,175 =$	$-0,0014$
		$J = \underline{0,9804}$

Le report dans l'équation (1) donne:

$$\lambda''_{1d} = 3,89 [(0,0743 \times 1,4146 \times 0,929 \times 0,9804 \times 1,018) + 0,0007]$$

$$= 0,382$$

c) interpolate for J

$$\begin{array}{llll}
 m = 0,897 & z = 0,333 & y = 0,375 & \\
 y_0 = 0,200 & z_0 = 0,300 & m_0 = 0,500 & J_a = 0,995 \\
 & & m_1 = 1,000 & J_b = 0,992 \\
 & z_1 = 0,400 & & J_c = 0,991 \\
 & & & J_d = 0,984 \\
 \\
 y_1 = 0,400 & & & J_e = 0,991 \\
 & & & J_f = 0,983 \\
 & & & J_g = 0,982 \\
 & & & J_h = 0,964
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 M = 0,5 & Z = 0,1 & Y = 0,2 \\
 m' = 0,397 & z' = 0,033 & y' = 0,175
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 A = & 0,995 \\
 B = (0,992 - 0,995) / 0,5 = & -0,006 \\
 C = (0,991 - 0,995) / 0,1 = & -0,040 \\
 D = (0,991 - 0,995) / 0,2 = & -0,020 \\
 Q = [(0,995 + 0,984) - (0,992 + 0,991)] / (0,5 \times 0,1) = & -0,080 \\
 R = [(0,995 + 0,982) - (0,991 + 0,991)] / (0,1 \times 0,2) = & -0,250 \\
 S = [(0,995 + 0,983) - (0,992 + 0,991)] / (0,5 \times 0,2) = & -0,050 \\
 T = [(0,992 + 0,991 + 0,991 + 0,964) \\
 - (0,995 + 0,984 + 0,983 + 0,982)] / (0,5 \times 0,1 \times 0,2) = & -0,600
 \end{array}$$

Add together:

$$\begin{array}{llll}
 A & = & & 0,9950 \\
 B \cdot m' & = & -0,006 \times 0,397 = & -0,0024 \\
 C \cdot z' & = & -0,04 \times 0,033 = & -0,0013 \\
 D \cdot y' & = & -0,02 \times 0,175 = & -0,0035 \\
 Q \cdot m' \cdot z' & = & -0,080 \times 0,397 \times 0,033 = & -0,0011 \\
 R \cdot z' \cdot y' & = & -0,25 \times 0,033 \times 0,175 = & -0,0014 \\
 S \cdot m' \cdot y' & = & -0,05 \times 0,397 \times 0,175 = & -0,0035 \\
 T \cdot m' \cdot z' \cdot y' & = & -0,6 \times 0,397 \times 0,033 \times 0,175 = & -0,0014 \\
 J = & & & \underline{0,9804}
 \end{array}$$

Substitution in equation (1) gives:

$$\begin{aligned}
 \lambda''_{1d} &= 3,89 [(0,0743 \times 1,4146 \times 0,929 \times 0,9804 \times 1,018) + 0,0007] \\
 &= 0,382
 \end{aligned}$$

Un résumé des facteurs de pertes dans les gaines pour les six câbles ainsi que les facteurs correspondant à des plus petites valeurs de séparation entre les circuits c et à une installation d'un circuit unique (correspondant à une très grande séparation entre les circuits) sont donnés ci-après:

Séparation c mm	150	300	400	Circuit unique
N° câble	Facteurs de pertes dans les gaines			
1	0,346	0,373	0,382	0,419
2	0,955	1,100	1,151	1,262
3	0,274	0,250	0,256	0,276
4	0,402	0,336	0,356	0,419
5	0,943	1,094	1,142	1,262
6	0,230	0,251	0,258	0,276

A summary of the sheath loss factors for all six cables, together with the corresponding factors for smaller values of the circuit separation c and for a single-circuit installation (corresponding to a very large circuit spacing) are as follows:

Spacing c mm	150	300	400	Single circuit
Cable no.	Sheath loss factors			
1	0,346	0,373	0,382	0,419
2	0,955	1,100	1,151	1,262
3	0,274	0,250	0,256	0,276
4	0,402	0,336	0,356	0,419
5	0,943	1,094	1,142	1,262
6	0,230	0,251	0,258	0,276

Tableau 1 – Coefficients H

$z = \frac{d}{2s}$										
	m	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Câble 1	0,1	1,007	1,015	1,028	1,044	1,064	1,089	1,118	1,154	1,197
	0,5	1,023	1,051	1,093	1,148	1,220	1,309	1,420	1,554	1,714
	1,0	1,033	1,076	1,140	1,228	1,347	1,503	1,706	1,970	2,299
	1,5	1,037	1,085	1,158	1,261	1,405	1,606	1,887	2,284	2,826
	2,0	1,037	1,087	1,163	1,274	1,432	1,662	2,003	2,527	3,321
	2,5	1,037	1,087	1,164	1,278	1,444	1,693	2,081	2,720	3,792
	3,0	1,037	1,087	1,164	1,279	1,449	1,711	2,135	2,876	4,244
Câble 2	0,1	1,001	1,002	1,004	1,006	1,009	1,013	1,017	1,022	1,028
	0,5	1,003	1,007	1,012	1,018	1,025	1,033	1,040	1,047	1,050
	1,0	1,006	1,015	1,027	1,043	1,064	1,090	1,121	1,157	1,193
	1,5	1,009	1,021	1,039	1,065	1,101	1,150	1,218	1,306	1,413
	2,0	1,010	1,025	1,047	1,080	1,128	1,198	1,301	1,450	1,654
	2,5	1,011	1,027	1,052	1,091	1,148	1,234	1,366	1,575	1,892
	3,0	1,012	1,029	1,056	1,098	1,161	1,260	1,417	1,681	2,123
Câble 3	0,1	0,999	0,998	0,996	0,994	0,991	0,988	0,984	0,979	0,973
	0,5	0,991	0,980	0,964	0,944	0,919	0,889	0,853	0,812	0,766
	1,0	0,994	0,986	0,975	0,962	0,947	0,931	0,915	0,900	0,891
	1,5	1,000	1,001	1,002	1,007	1,017	1,036	1,068	1,124	1,214
	2,0	1,006	1,013	1,027	1,048	1,082	1,137	1,226	1,374	1,608
	2,5	1,010	1,023	1,045	1,080	1,134	1,220	1,364	1,608	2,017
	3,0	1,013	1,031	1,060	1,104	1,174	1,287	1,477	1,816	2,422

Table 1 – H coefficients

		$z = \frac{d}{2s}$									
		m	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Cable 1	0,1	1,007	1,015	1,028	1,044	1,064	1,089	1,118	1,154	1,197	
	0,5	1,023	1,051	1,093	1,148	1,220	1,309	1,420	1,554	1,714	
	1,0	1,033	1,076	1,140	1,228	1,347	1,503	1,706	1,970	2,299	
	1,5	1,037	1,085	1,158	1,261	1,405	1,606	1,887	2,284	2,826	
	2,0	1,037	1,087	1,163	1,274	1,432	1,662	2,003	2,527	3,321	
	2,5	1,037	1,087	1,164	1,278	1,444	1,693	2,081	2,720	3,792	
	3,0	1,037	1,087	1,164	1,279	1,449	1,711	2,135	2,876	4,244	
Cable 2	0,1	1,001	1,002	1,004	1,006	1,009	1,013	1,017	1,022	1,028	
	0,5	1,003	1,007	1,012	1,018	1,025	1,033	1,040	1,047	1,050	
	1,0	1,006	1,015	1,027	1,043	1,064	1,090	1,121	1,157	1,193	
	1,5	1,009	1,021	1,039	1,065	1,101	1,150	1,218	1,306	1,413	
	2,0	1,010	1,025	1,047	1,080	1,128	1,198	1,301	1,450	1,654	
	2,5	1,011	1,027	1,052	1,091	1,148	1,234	1,366	1,575	1,892	
	3,0	1,012	1,029	1,056	1,098	1,161	1,260	1,417	1,681	2,123	
Cable 3	0,1	0,999	0,998	0,996	0,994	0,991	0,988	0,984	0,979	0,973	
	0,5	0,991	0,980	0,964	0,944	0,919	0,889	0,853	0,812	0,766	
	1,0	0,994	0,986	0,975	0,962	0,947	0,931	0,915	0,900	0,891	
	1,5	1,000	1,001	1,002	1,007	1,017	1,036	1,068	1,124	1,214	
	2,0	1,006	1,013	1,027	1,048	1,082	1,137	1,226	1,374	1,608	
	2,5	1,010	1,023	1,045	1,080	1,134	1,220	1,364	1,608	2,017	
	3,0	1,013	1,031	1,060	1,104	1,174	1,287	1,477	1,816	2,422	

Tableau 2 – Coefficients N

Câble directe						
$Y = \frac{s}{c}$	1	2	3	4	5	6
0,1	0,9871	0,9861	0,9854	0,9849	0,9861	0,9875
0,2	0,9651	0,9588	0,9562	0,9554	0,9588	0,9656
0,3	0,9432	0,9286	0,9271	0,9259	0,9286	0,9438
0,4	0,9238	0,8990	0,9065	0,9049	0,8990	0,9243
0,5	0,9069	0,8714	0,8993	0,8974	0,8713	0,9075
0,6	0,8924	0,8461	0,9089	0,9067	0,8461	0,8929
0,7	0,8800	0,8232	0,9372	0,9351	0,8231	0,8804
0,8	0,8692	0,8024	0,9859	0,9842	0,8023	0,8696
0,9	0,8598	0,7836	1,0562	1,0552	0,7835	0,8601
1,0	0,8516	0,7665	1,1487	1,1490	0,7665	0,8517
Câble inverse						
$Y = \frac{s}{c}$	1	2	3	4	5	6
0,1	1,0110	1,0141	1,0185	1,0185	1,0141	1,0110
0,2	1,0286	1,0421	1,0696	1,0696	1,0421	1,0286
0,3	1,0456	1,0742	1,1504	1,1504	1,0742	1,0456
0,4	1,0605	1,1066	1,2593	1,2593	1,1066	1,0605
0,5	1,0736	1,1378	1,3953	1,3953	1,1378	1,0736
0,6	1,0849	1,1673	1,5580	1,5580	1,1673	1,0849
0,7	1,0948	1,1948	1,7471	1,7471	1,1948	1,0948
0,8	1,1035	1,2204	1,9623	1,9623	1,2204	1,1035
0,9	1,1111	1,2441	2,2037	2,2037	1,2441	1,1111
1,0	1,1180	1,2662	2,4711	2,4711	1,2662	1,1180

Table 2 – N coefficients

Cable forward						
$Y = \frac{s}{c}$	1	2	3	4	5	6
0,1	0,9871	0,9861	0,9854	0,9849	0,9861	0,9875
0,2	0,9651	0,9588	0,9562	0,9554	0,9588	0,9656
0,3	0,9432	0,9286	0,9271	0,9259	0,9286	0,9438
0,4	0,9238	0,8990	0,9065	0,9049	0,8990	0,9243
0,5	0,9069	0,8714	0,8993	0,8974	0,8713	0,9075
0,6	0,8924	0,8461	0,9089	0,9067	0,8461	0,8929
0,7	0,8800	0,8232	0,9372	0,9351	0,8231	0,8804
0,8	0,8692	0,8024	0,9859	0,9842	0,8023	0,8696
0,9	0,8598	0,7836	1,0562	1,0552	0,7835	0,8601
1,0	0,8516	0,7665	1,1487	1,1490	0,7665	0,8517
Cable reverse						
$Y = \frac{s}{c}$	1	2	3	4	5	6
0,1	1,0110	1,0141	1,0185	1,0185	1,0141	1,0110
0,2	1,0286	1,0421	1,0696	1,0696	1,0421	1,0286
0,3	1,0456	1,0742	1,1504	1,1504	1,0742	1,0456
0,4	1,0605	1,1066	1,2593	1,2593	1,1066	1,0605
0,5	1,0736	1,1378	1,3953	1,3953	1,1378	1,0736
0,6	1,0849	1,1673	1,5580	1,5580	1,1673	1,0849
0,7	1,0948	1,1948	1,7471	1,7471	1,1948	1,0948
0,8	1,1035	1,2204	1,9623	1,9623	1,2204	1,1035
0,9	1,1111	1,2441	2,2037	2,2037	1,2441	1,1111
1,0	1,1180	1,2662	2,4711	2,4711	1,2662	1,1180

Tableau 3 – Coefficients J

Câble 1 / directe $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,5	1,000	0,998	0,995	0,991	0,982
	1,0	0,999	0,997	0,992	0,984	0,970
	1,5	1,000	0,997	0,992	0,984	0,974
	2,0	0,999	0,997	0,992	0,987	0,980
	2,5	0,999	0,997	0,994	0,989	0,987
	3,0	1,000	0,997	0,994	0,992	0,993
0,4	0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,5	0,999	0,997	0,991	0,982	0,965
	1,0	0,999	0,994	0,983	0,964	0,931
	1,5	0,999	0,992	0,981	0,962	0,933
	2,0	0,998	0,992	0,982	0,966	0,946
	2,5	0,998	0,992	0,983	0,971	0,959
	3,0	0,999	0,993	0,984	0,975	0,971
0,6	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	0,5	0,999	0,996	0,990	0,978	0,955
	1,0	0,998	0,991	0,977	0,949	0,900
	1,5	0,998	0,989	0,972	0,942	0,894
	2,0	0,997	0,989	0,972	0,945	0,907
	2,5	0,997	0,988	0,973	0,951	0,925
	3,0	0,998	0,989	0,974	0,956	0,941
0,8	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,004
	0,5	0,999	0,996	0,990	0,978	0,955
	1,0	0,998	0,990	0,974	0,941	0,881
	1,5	0,997	0,987	0,966	0,927	0,860
	2,0	0,996	0,985	0,963	0,927	0,869
	2,5	0,996	0,985	0,963	0,931	0,886
	3,0	0,996	0,985	0,964	0,937	0,904
1,0	0,1	1,000	1,001	1,003	1,005	1,007
	0,5	0,999	0,997	0,992	0,983	0,962
	1,0	0,998	0,990	0,973	0,939	0,877
	1,5	0,997	0,985	0,962	0,918	0,842
	2,0	0,995	0,983	0,957	0,913	0,840
	2,5	0,995	0,982	0,956	0,915	0,852
	3,0	0,996	0,981	0,956	0,919	0,866

Table 3 – J coefficients

Cable 1 / Forward $z = \frac{d}{2s}$						
$\gamma = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,5	1,000	0,998	0,995	0,991	0,982
	1,0	0,999	0,997	0,992	0,984	0,970
	1,5	1,000	0,997	0,992	0,984	0,974
	2,0	0,999	0,997	0,992	0,987	0,980
	2,5	0,999	0,997	0,994	0,989	0,987
	3,0	1,000	0,997	0,994	0,992	0,993
0,4	0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,5	0,999	0,997	0,991	0,982	0,965
	1,0	0,999	0,994	0,983	0,964	0,931
	1,5	0,999	0,992	0,981	0,962	0,933
	2,0	0,998	0,992	0,982	0,966	0,946
	2,5	0,998	0,992	0,983	0,971	0,959
	3,0	0,999	0,993	0,984	0,975	0,971
0,6	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	0,5	0,999	0,996	0,990	0,978	0,955
	1,0	0,998	0,991	0,977	0,949	0,900
	1,5	0,998	0,989	0,972	0,942	0,894
	2,0	0,997	0,989	0,972	0,945	0,907
	2,5	0,997	0,988	0,973	0,951	0,925
	3,0	0,998	0,989	0,974	0,956	0,941
0,8	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,004
	0,5	0,999	0,996	0,990	0,978	0,955
	1,0	0,998	0,990	0,974	0,941	0,881
	1,5	0,997	0,987	0,966	0,927	0,860
	2,0	0,996	0,985	0,963	0,927	0,869
	2,5	0,996	0,985	0,963	0,931	0,886
	3,0	0,996	0,985	0,964	0,937	0,904
1,0	0,1	1,000	1,001	1,003	1,005	1,007
	0,5	0,999	0,997	0,992	0,983	0,962
	1,0	0,998	0,990	0,973	0,939	0,877
	1,5	0,997	0,985	0,962	0,918	0,842
	2,0	0,995	0,983	0,957	0,913	0,840
	2,5	0,995	0,982	0,956	0,915	0,852
	3,0	0,996	0,981	0,956	0,919	0,866

Tableau 4 – Coefficients J

Câble 2 / directe $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
	0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	1,0	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	1,5	1,000	1,000	1,001	1,003	1,006
	2,0	1,000	1,001	1,002	1,005	1,011
	2,5	1,000	1,001	1,002	1,007	1,014
	3,0	1,000	1,001	1,003	1,008	1,018
0,4	0,1	1,000	1,001	1,001	1,002	1,003
	0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,002	1,003
	1,5	1,000	1,000	1,002	1,007	1,014
	2,0	1,000	1,000	1,003	1,011	1,026
	2,5	1,000	1,000	1,004	1,015	1,036
	3,0	1,000	1,000	1,005	1,017	1,043
0,6	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,006
	0,5	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998
	1,0	0,999	0,998	0,998	0,999	1,000
	1,5	0,999	0,998	0,999	1,005	1,016
	2,0	0,999	0,998	1,001	1,012	1,034
	2,5	0,999	0,998	1,002	1,018	1,049
	3,0	0,999	0,998	1,003	1,022	1,062
0,8	0,1	1,000	1,001	1,002	1,004	1,008
	0,5	0,999	0,999	0,998	0,996	0,995
	1,0	0,999	0,996	0,993	0,992	0,991
	1,5	0,998	0,995	0,993	0,998	1,007
	2,0	0,998	0,995	0,994	1,006	1,029
	2,5	0,998	0,995	0,996	1,013	1,049
	3,0	0,998	0,994	0,997	1,017	1,065
1,0	0,1	1,000	1,001	1,003	1,006	1,010
	0,5	0,999	0,997	0,995	0,993	0,993
	1,0	0,998	0,992	0,987	0,982	0,978
	1,5	0,997	0,990	0,984	0,984	0,988
	2,0	0,996	0,989	0,984	0,991	1,006
	2,5	0,996	0,989	0,985	0,997	1,027
	3,0	0,996	0,988	0,986	1,002	1,044

Table 4 – J coefficients

Table 2 / Forward $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
	0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	1,0	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	1,5	1,000	1,000	1,001	1,003	1,006
	2,0	1,000	1,001	1,002	1,005	1,011
	2,5	1,000	1,001	1,002	1,007	1,014
	3,0	1,000	1,001	1,003	1,008	1,018
0,4	0,1	1,000	1,001	1,001	1,002	1,003
	0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,002	1,003
	1,5	1,000	1,000	1,002	1,007	1,014
	2,0	1,000	1,000	1,003	1,011	1,026
	2,5	1,000	1,000	1,004	1,015	1,036
	3,0	1,000	1,000	1,005	1,017	1,043
0,6	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,006
	0,5	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998
	1,0	0,999	0,998	0,998	0,999	1,000
	1,5	0,999	0,998	0,999	1,005	1,016
	2,0	0,999	0,998	1,001	1,012	1,034
	2,5	0,999	0,998	1,002	1,018	1,049
	3,0	0,999	0,998	1,003	1,022	1,062
0,8	0,1	1,000	1,001	1,002	1,004	1,008
	0,5	0,999	0,999	0,998	0,996	0,995
	1,0	0,999	0,996	0,993	0,992	0,991
	1,5	0,998	0,995	0,993	0,998	1,007
	2,0	0,998	0,995	0,994	1,006	1,029
	2,5	0,998	0,995	0,996	1,013	1,049
	3,0	0,998	0,994	0,997	1,017	1,065
1,0	0,1	1,000	1,001	1,003	1,006	1,010
	0,5	0,999	0,997	0,995	0,993	0,993
	1,0	0,998	0,992	0,987	0,982	0,978
	1,5	0,997	0,990	0,984	0,984	0,988
	2,0	0,996	0,989	0,984	0,991	1,006
	2,5	0,996	0,989	0,985	0,997	1,027
	3,0	0,996	0,988	0,986	1,002	1,044

Tableau 5 – Coefficients J

Câble 3 / directe $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,001	1,003	1,005	1,008
	0,5	1,000	1,003	1,007	1,012	1,017
	1,0	1,000	1,002	1,007	1,014	1,022
	1,5	1,000	1,001	1,006	1,014	1,025
	2,0	0,999	1,001	1,005	1,014	1,028
	2,5	1,000	1,000	1,003	1,014	1,030
	3,0	0,999	0,999	1,003	1,013	1,032
0,4	0,1	1,000	1,003	1,007	1,013	1,021
	0,5	1,001	1,006	1,015	1,028	1,041
	1,0	0,999	1,002	1,011	1,026	1,047
	1,5	0,998	0,997	1,005	1,023	1,053
	2,0	0,997	0,994	1,000	1,021	1,058
	2,5	0,996	0,992	0,995	1,018	1,063
	3,0	0,995	0,990	0,993	1,016	1,067
0,6	0,1	1,000	1,003	1,009	1,017	1,026
	0,5	0,999	1,003	1,010	1,021	1,033
	1,0	0,995	0,990	0,990	1,002	1,024
	1,5	0,992	0,978	0,973	0,989	1,026
	2,0	0,989	0,971	0,962	0,980	1,031
	2,5	0,988	0,966	0,954	0,974	1,037
	3,0	0,987	0,963	0,948	0,969	1,042
0,8	0,1	1,000	1,003	1,007	1,012	1,018
	0,5	0,996	0,990	0,982	0,977	0,972
	1,0	0,988	0,962	0,937	0,927	0,933
	1,5	0,983	0,943	0,908	0,901	0,925
	2,0	0,979	0,932	0,891	0,886	0,929
	2,5	0,977	0,925	0,879	0,876	0,934
	3,0	0,975	0,921	0,872	0,869	0,939
1,0	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,002
	0,5	0,990	0,968	0,936	0,900	0,863
	1,0	0,978	0,925	0,864	0,816	0,790
	1,5	0,971	0,901	0,826	0,781	0,778
	2,0	0,967	0,888	0,806	0,765	0,783
	2,5	0,965	0,882	0,796	0,756	0,790
	3,0	0,963	0,877	0,790	0,751	0,797

Table 5 – J coefficients

Cable 3 / Forward $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,001	1,003	1,005	1,008
	0,5	1,000	1,003	1,007	1,012	1,017
	1,0	1,000	1,002	1,007	1,014	1,022
	1,5	1,000	1,001	1,006	1,014	1,025
	2,0	0,999	1,001	1,005	1,014	1,028
	2,5	1,000	1,000	1,003	1,014	1,030
	3,0	0,999	0,999	1,003	1,013	1,032
0,4	0,1	1,000	1,003	1,007	1,013	1,021
	0,5	1,001	1,006	1,015	1,028	1,041
	1,0	0,999	1,002	1,011	1,026	1,047
	1,5	0,998	0,997	1,005	1,023	1,053
	2,0	0,997	0,994	1,000	1,021	1,058
	2,5	0,996	0,992	0,995	1,018	1,063
	3,0	0,995	0,990	0,993	1,016	1,067
0,6	0,1	1,000	1,003	1,009	1,017	1,026
	0,5	0,999	1,003	1,010	1,021	1,033
	1,0	0,995	0,990	0,990	1,002	1,024
	1,5	0,992	0,978	0,973	0,989	1,026
	2,0	0,989	0,971	0,962	0,980	1,031
	2,5	0,988	0,966	0,954	0,974	1,037
	3,0	0,987	0,963	0,948	0,969	1,042
0,8	0,1	1,000	1,003	1,007	1,012	1,018
	0,5	0,996	0,990	0,982	0,977	0,972
	1,0	0,988	0,962	0,937	0,927	0,933
	1,5	0,983	0,943	0,908	0,901	0,925
	2,0	0,979	0,932	0,891	0,886	0,929
	2,5	0,977	0,925	0,879	0,876	0,934
	3,0	0,975	0,921	0,872	0,869	0,939
1,0	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,002
	0,5	0,990	0,968	0,936	0,900	0,863
	1,0	0,978	0,925	0,864	0,816	0,790
	1,5	0,971	0,901	0,826	0,781	0,778
	2,0	0,967	0,888	0,806	0,765	0,783
	2,5	0,965	0,882	0,796	0,756	0,790
	3,0	0,963	0,877	0,790	0,751	0,797

Tableau 6 – Coefficients J

Câble 4 / directe $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997
	0,5	0,999	0,995	0,989	0,979	0,963
	1,0	0,998	0,993	0,982	0,967	0,946
	1,5	0,999	0,992	0,983	0,970	0,956
	2,0	0,998	0,993	0,984	0,976	0,968
	2,5	0,998	0,993	0,986	0,981	0,979
	3,0	0,999	0,994	0,988	0,985	0,988
0,4	0,1	1,000	0,999	0,997	0,994	0,990
	0,5	0,997	0,984	0,962	0,929	0,881
	1,0	0,994	0,973	0,936	0,884	0,819
	1,5	0,993	0,969	0,933	0,888	0,841
	2,0	0,992	0,970	0,937	0,903	0,876
	2,5	0,992	0,971	0,942	0,919	0,906
	3,0	0,993	0,972	0,947	0,930	0,929
0,6	0,1	1,000	0,998	0,995	0,991	0,987
	0,5	0,994	0,972	0,934	0,879	0,807
	1,0	0,987	0,946	0,878	0,782	0,671
	1,5	0,985	0,937	0,863	0,772	0,685
	2,0	0,983	0,935	0,864	0,790	0,732
	2,5	0,983	0,935	0,870	0,811	0,775
	3,0	0,984	0,936	0,875	0,828	0,809
0,8	0,1	1,000	0,999	0,998	0,999	1,003
	0,5	0,992	0,966	0,924	0,869	0,809
	1,0	0,982	0,926	0,836	0,716	0,596
	1,5	0,977	0,907	0,801	0,675	0,566
	2,0	0,974	0,900	0,793	0,681	0,595
	2,5	0,973	0,897	0,795	0,697	0,630
	3,0	0,973	0,897	0,799	0,713	0,662
1,0	0,1	1,000	1,003	1,011	1,026	1,053
	0,5	0,993	0,974	0,949	0,929	0,947
	1,0	0,980	0,924	0,839	0,743	0,698
	1,5	0,972	0,896	0,784	0,664	0,602
	2,0	0,968	0,882	0,764	0,647	0,585
	2,5	0,965	0,875	0,758	0,650	0,591
	3,0	0,964	0,873	0,757	0,657	0,602

Table 6 – J coefficients

Cable 4 / Forward $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997
	0,5	0,999	0,995	0,989	0,979	0,963
	1,0	0,998	0,993	0,982	0,967	0,946
	1,5	0,999	0,992	0,983	0,970	0,956
	2,0	0,998	0,993	0,984	0,976	0,968
	2,5	0,998	0,993	0,986	0,981	0,979
	3,0	0,999	0,994	0,988	0,985	0,988
0,4	0,1	1,000	0,999	0,997	0,994	0,990
	0,5	0,997	0,984	0,962	0,929	0,881
	1,0	0,994	0,973	0,936	0,884	0,819
	1,5	0,993	0,969	0,933	0,888	0,841
	2,0	0,992	0,970	0,937	0,903	0,876
	2,5	0,992	0,971	0,942	0,919	0,906
	3,0	0,993	0,972	0,947	0,930	0,929
0,6	0,1	1,000	0,998	0,995	0,991	0,987
	0,5	0,994	0,972	0,934	0,879	0,807
	1,0	0,987	0,946	0,878	0,782	0,671
	1,5	0,985	0,937	0,863	0,772	0,685
	2,0	0,983	0,935	0,864	0,790	0,732
	2,5	0,983	0,935	0,870	0,811	0,775
	3,0	0,984	0,936	0,875	0,828	0,809
0,8	0,1	1,000	0,999	0,998	0,999	1,003
	0,5	0,992	0,966	0,924	0,869	0,809
	1,0	0,982	0,926	0,836	0,716	0,596
	1,5	0,977	0,907	0,801	0,675	0,566
	2,0	0,974	0,900	0,793	0,681	0,595
	2,5	0,973	0,897	0,795	0,697	0,630
	3,0	0,973	0,897	0,799	0,713	0,662
1,0	0,1	1,000	1,003	1,011	1,026	1,053
	0,5	0,993	0,974	0,949	0,929	0,947
	1,0	0,980	0,924	0,839	0,743	0,698
	1,5	0,972	0,896	0,784	0,664	0,602
	2,0	0,968	0,882	0,764	0,647	0,585
	2,5	0,965	0,875	0,758	0,650	0,591
	3,0	0,964	0,873	0,757	0,657	0,602

Tableau 7 – Coefficients J

Câble 5 / directe $z = \frac{d}{2s}$						
$\gamma = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
	0,5	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998
	1,5	1,000	1,000	1,001	1,002	1,002
	2,0	1,000	1,000	1,001	1,004	1,006
	2,5	1,000	1,001	1,002	1,005	1,010
	3,0	1,000	1,001	1,002	1,006	1,013
0,4	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	0,5	0,999	0,999	0,999	0,997	0,994
	1,0	1,000	0,999	0,998	0,996	0,989
	1,5	1,000	0,999	0,999	1,000	0,997
	2,0	1,000	0,999	1,000	1,004	1,007
	2,5	1,000	1,000	1,002	1,008	1,017
	3,0	1,000	1,000	1,003	1,011	1,025
0,6	0,1	1,000	1,001	1,001	1,002	1,004
	0,5	0,999	0,999	0,997	0,993	0,986
	1,0	0,999	0,997	0,993	0,986	0,972
	1,5	0,999	0,997	0,994	0,991	0,980
	2,0	0,999	0,997	0,996	0,998	0,995
	2,5	0,999	0,997	0,997	1,004	1,011
	3,0	0,999	0,997	0,999	1,009	1,025
0,8	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,006
	0,5	0,999	0,998	0,994	0,987	0,976
	1,0	0,998	0,994	0,986	0,973	0,948
	1,5	0,998	0,993	0,985	0,976	0,952
	2,0	0,998	0,993	0,987	0,983	0,970
	2,5	0,998	0,993	0,989	0,991	0,990
	3,0	0,997	0,993	0,991	0,997	1,008
1,0	0,1	1,000	1,001	1,002	1,004	1,007
	0,5	0,998	0,996	0,991	0,982	0,968
	1,0	0,997	0,990	0,978	0,957	0,923
	1,5	0,996	0,987	0,974	0,955	0,919
	2,0	0,996	0,987	0,974	0,961	0,933
	2,5	0,996	0,987	0,976	0,969	0,952
	3,0	0,996	0,986	0,977	0,976	0,970

Table 7 – J coefficients

Cable 5 / Forward $z = \frac{d}{2s}$						
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
	0,5	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998
	1,5	1,000	1,000	1,001	1,002	1,002
	2,0	1,000	1,000	1,001	1,004	1,006
	2,5	1,000	1,001	1,002	1,005	1,010
	3,0	1,000	1,001	1,002	1,006	1,013
0,4	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	0,5	0,999	0,999	0,999	0,997	0,994
	1,0	1,000	0,999	0,998	0,996	0,989
	1,5	1,000	0,999	0,999	1,000	0,997
	2,0	1,000	0,999	1,000	1,004	1,007
	2,5	1,000	1,000	1,002	1,008	1,017
	3,0	1,000	1,000	1,003	1,011	1,025
0,6	0,1	1,000	1,001	1,001	1,002	1,004
	0,5	0,999	0,999	0,997	0,993	0,986
	1,0	0,999	0,997	0,993	0,986	0,972
	1,5	0,999	0,997	0,994	0,991	0,980
	2,0	0,999	0,997	0,996	0,998	0,995
	2,5	0,999	0,997	0,997	1,004	1,011
	3,0	0,999	0,997	0,999	1,009	1,025
0,8	0,1	1,000	1,001	1,002	1,003	1,006
	0,5	0,999	0,998	0,994	0,987	0,976
	1,0	0,998	0,994	0,986	0,973	0,948
	1,5	0,998	0,993	0,985	0,976	0,952
	2,0	0,998	0,993	0,987	0,983	0,970
	2,5	0,998	0,993	0,989	0,991	0,990
	3,0	0,997	0,993	0,991	0,997	1,008
1,0	0,1	1,000	1,001	1,002	1,004	1,007
	0,5	0,998	0,996	0,991	0,982	0,968
	1,0	0,997	0,990	0,978	0,957	0,923
	1,5	0,996	0,987	0,974	0,955	0,919
	2,0	0,996	0,987	0,974	0,961	0,933
	2,5	0,996	0,987	0,976	0,969	0,952
	3,0	0,996	0,986	0,977	0,976	0,970

Tableau 8 – Coefficients J

Câble 6 / directe $z = \frac{d}{2s}$						
$\gamma = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,001	1,002	1,004
	0,5	1,000	1,001	1,002	1,005	1,007
	1,0	1,000	1,001	1,002	1,005	1,010
	1,5	1,000	1,000	1,002	1,006	1,013
	2,0	0,999	1,000	1,002	1,007	1,016
	2,5	1,000	1,000	1,001	1,007	1,019
	3,0	0,999	1,000	1,001	1,007	1,020
0,4	0,1	1,000	1,001	1,002	1,004	1,007
	0,5	1,000	1,001	1,003	1,006	1,009
	1,0	0,999	1,000	1,002	1,006	1,012
	1,5	1,000	0,999	1,001	1,007	1,020
	2,0	0,999	0,998	1,000	1,008	1,028
	2,5	0,999	0,997	0,998	1,009	1,034
	3,0	0,999	0,997	0,998	1,009	1,039
0,6	0,1	1,000	1,001	1,002	1,005	1,008
	0,5	0,999	1,000	1,000	1,002	1,004
	1,0	0,999	0,997	0,996	0,998	1,003
	1,5	0,998	0,995	0,994	0,999	1,013
	2,0	0,998	0,994	0,992	1,001	1,026
	2,5	0,998	0,993	0,991	1,002	1,036
	3,0	0,997	0,993	0,991	1,003	1,045
0,8	0,1	1,000	1,000	1,002	1,004	1,007
	0,5	0,999	0,998	0,996	0,994	0,993
	1,0	0,998	0,993	0,988	0,985	0,984
	1,5	0,997	0,990	0,984	0,985	0,995
	2,0	0,996	0,989	0,982	0,986	1,010
	2,5	0,996	0,988	0,981	0,988	1,024
	3,0	0,996	0,987	0,980	0,989	1,036
1,0	0,1	1,000	1,000	1,001	1,003	1,005
	0,5	0,998	0,995	0,990	0,984	0,978
	1,0	0,997	0,988	0,977	0,967	0,958
	1,5	0,996	0,985	0,972	0,964	0,964
	2,0	0,995	0,983	0,969	0,965	0,978
	2,5	0,995	0,982	0,968	0,967	0,993
	3,0	0,995	0,981	0,967	0,968	1,006

Table 8 – J coefficients

Cable 6 / Forward $z = \frac{d}{2s}$						
$\gamma = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,001	1,002	1,004
	0,5	1,000	1,001	1,002	1,005	1,007
	1,0	1,000	1,001	1,002	1,005	1,010
	1,5	1,000	1,000	1,002	1,006	1,013
	2,0	0,999	1,000	1,002	1,007	1,016
	2,5	1,000	1,000	1,001	1,007	1,019
	3,0	0,999	1,000	1,001	1,007	1,020
0,4	0,1	1,000	1,001	1,002	1,004	1,007
	0,5	1,000	1,001	1,003	1,006	1,009
	1,0	0,999	1,000	1,002	1,006	1,012
	1,5	1,000	0,999	1,001	1,007	1,020
	2,0	0,999	0,998	1,000	1,008	1,028
	2,5	0,999	0,997	0,998	1,009	1,034
	3,0	0,999	0,997	0,998	1,009	1,039
0,6	0,1	1,000	1,001	1,002	1,005	1,008
	0,5	0,999	1,000	1,000	1,002	1,004
	1,0	0,999	0,997	0,996	0,998	1,003
	1,5	0,998	0,995	0,994	0,999	1,013
	2,0	0,998	0,994	0,992	1,001	1,026
	2,5	0,998	0,993	0,991	1,002	1,036
	3,0	0,997	0,993	0,991	1,003	1,045
0,8	0,1	1,000	1,000	1,002	1,004	1,007
	0,5	0,999	0,998	0,996	0,994	0,993
	1,0	0,998	0,993	0,988	0,985	0,984
	1,5	0,997	0,990	0,984	0,985	0,995
	2,0	0,996	0,989	0,982	0,986	1,010
	2,5	0,996	0,988	0,981	0,988	1,024
	3,0	0,996	0,987	0,980	0,989	1,036
1,0	0,1	1,000	1,000	1,001	1,003	1,005
	0,5	0,998	0,995	0,990	0,984	0,978
	1,0	0,997	0,988	0,977	0,967	0,958
	1,5	0,996	0,985	0,972	0,964	0,964
	2,0	0,995	0,983	0,969	0,965	0,978
	2,5	0,995	0,982	0,968	0,967	0,993
	3,0	0,995	0,981	0,967	0,968	1,006

Tableau 9 – Coefficients J

		Câble 1 / inverse $z = \frac{d}{2s}$ Câble 6 / inverse				
$\gamma = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
	0,5	1,000	1,002	1,005	1,011	1,018
	1,0	1,001	1,004	1,009	1,017	1,033
	1,5	1,001	1,004	1,009	1,018	1,031
	2,0	1,000	1,004	1,009	1,016	1,024
	2,5	1,001	1,004	1,008	1,013	1,018
	3,0	1,001	1,003	1,007	1,011	1,014
0,4	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,002
	0,5	1,001	1,004	1,010	1,022	1,041
	1,0	1,002	1,008	1,019	1,040	1,076
	1,5	1,002	1,008	1,021	1,042	1,074
	2,0	1,002	1,008	1,020	1,038	1,058
	2,5	1,002	1,008	1,019	1,032	1,047
	3,0	1,002	1,008	1,017	1,027	1,037
0,6	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	0,5	1,002	1,006	1,014	1,029	1,057
	1,0	1,003	1,010	1,027	1,058	1,113
	1,5	1,004	1,012	1,030	1,063	1,112
	2,0	1,003	1,012	1,029	1,056	1,089
	2,5	1,003	1,012	1,028	1,049	1,072
	3,0	1,004	1,012	1,026	1,042	1,056
0,8	0,1	1,000	1,001	1,001	1,002	1,003
	0,5	1,002	1,007	1,017	1,036	1,072
	1,0	1,004	1,013	1,034	1,073	1,144
	1,5	1,005	1,015	1,038	1,079	1,141
	2,0	1,004	1,015	1,037	1,072	1,113
	2,5	1,004	1,015	1,035	1,063	1,088
	3,0	1,005	1,015	1,033	1,054	1,071
1,0	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,003
	0,5	1,002	1,007	1,019	1,041	1,083
	1,0	1,004	1,014	1,038	1,084	1,168
	1,5	1,004	1,017	1,043	1,091	1,163
	2,0	1,004	1,017	1,042	1,082	1,130
	2,5	1,004	1,017	1,040	1,072	1,100
	3,0	1,004	1,017	1,038	1,063	1,080

Table 9 – J coefficients

Cable 1 / Reverse $z = \frac{d}{2s}$ Cable 6 / Reverse						
$\gamma = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
	0,5	1,000	1,002	1,005	1,011	1,018
	1,0	1,001	1,004	1,009	1,017	1,033
	1,5	1,001	1,004	1,009	1,018	1,031
	2,0	1,000	1,004	1,009	1,016	1,024
	2,5	1,001	1,004	1,008	1,013	1,018
	3,0	1,001	1,003	1,007	1,011	1,014
0,4	0,1	1,000	1,000	1,000	1,001	1,002
	0,5	1,001	1,004	1,010	1,022	1,041
	1,0	1,002	1,008	1,019	1,040	1,076
	1,5	1,002	1,008	1,021	1,042	1,074
	2,0	1,002	1,008	1,020	1,038	1,058
	2,5	1,002	1,008	1,019	1,032	1,047
	3,0	1,002	1,008	1,017	1,027	1,037
0,6	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002
	0,5	1,002	1,006	1,014	1,029	1,057
	1,0	1,003	1,010	1,027	1,058	1,113
	1,5	1,004	1,012	1,030	1,063	1,112
	2,0	1,003	1,012	1,029	1,056	1,089
	2,5	1,003	1,012	1,028	1,049	1,072
	3,0	1,004	1,012	1,026	1,042	1,056
0,8	0,1	1,000	1,001	1,001	1,002	1,003
	0,5	1,002	1,007	1,017	1,036	1,072
	1,0	1,004	1,013	1,034	1,073	1,144
	1,5	1,005	1,015	1,038	1,079	1,141
	2,0	1,004	1,015	1,037	1,072	1,113
	2,5	1,004	1,015	1,035	1,063	1,088
	3,0	1,005	1,015	1,033	1,054	1,071
1,0	0,1	1,000	1,000	1,001	1,001	1,003
	0,5	1,002	1,007	1,019	1,041	1,083
	1,0	1,004	1,014	1,038	1,084	1,168
	1,5	1,004	1,017	1,043	1,091	1,163
	2,0	1,004	1,017	1,042	1,082	1,130
	2,5	1,004	1,017	1,040	1,072	1,100
	3,0	1,004	1,017	1,038	1,063	1,080

Tableau 10 – Coefficients J

		Câble 2 / inverse $z = \frac{d}{2s}$ Câble 5 / inverse				
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999
	0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	1,5	1,000	1,000	0,999	0,997	0,995
	2,0	1,000	1,000	0,998	0,995	0,991
	2,5	1,000	1,000	0,998	0,994	0,987
	3,0	1,000	1,000	0,997	0,992	0,985
0,4	0,1	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998
	0,5	0,999	1,000	1,000	1,001	1,004
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001
	1,5	1,000	0,999	0,998	0,995	0,989
	2,0	1,000	0,999	0,996	0,989	0,977
	2,5	1,000	0,999	0,995	0,985	0,968
	3,0	0,999	0,998	0,994	0,982	0,962
0,6	0,1	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998
	0,5	1,000	1,001	1,002	1,004	1,009
	1,0	1,001	1,001	1,002	1,003	1,003
	1,5	1,000	1,001	0,999	0,993	0,984
	2,0	1,001	1,000	0,996	0,985	0,965
	2,5	1,000	1,000	0,994	0,978	0,951
	3,0	1,000	0,999	0,992	0,973	0,941
0,8	0,1	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
	0,5	1,000	1,001	1,003	1,007	1,012
	1,0	1,001	1,002	1,002	1,004	1,004
	1,5	1,001	1,001	0,999	0,992	0,976
	2,0	1,001	1,000	0,995	0,979	0,951
	2,5	1,001	1,000	0,993	0,971	0,933
	3,0	1,001	0,999	0,990	0,965	0,920
1,0	0,1	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
	0,5	1,000	1,002	1,004	1,009	1,017
	1,0	1,001	1,002	1,004	1,005	1,002
	1,5	1,001	1,002	0,999	0,989	0,967
	2,0	1,001	1,001	0,995	0,974	0,937
	2,5	1,001	1,000	0,991	0,964	0,916
	3,0	1,001	0,999	0,988	0,956	0,902

Table 10 – J coefficients

		Cable 2 / Reverse Cable 5 / Reverse $z = \frac{d}{2s}$				
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999
	0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	1,5	1,000	1,000	0,999	0,997	0,995
	2,0	1,000	1,000	0,998	0,995	0,991
	2,5	1,000	1,000	0,998	0,994	0,987
	3,0	1,000	1,000	0,997	0,992	0,985
0,4	0,1	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998
	0,5	0,999	1,000	1,000	1,001	1,004
	1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001
	1,5	1,000	0,999	0,998	0,995	0,989
	2,0	1,000	0,999	0,996	0,989	0,977
	2,5	1,000	0,999	0,995	0,985	0,968
	3,0	0,999	0,998	0,994	0,982	0,962
0,6	0,1	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998
	0,5	1,000	1,001	1,002	1,004	1,009
	1,0	1,001	1,001	1,002	1,003	1,003
	1,5	1,000	1,001	0,999	0,993	0,984
	2,0	1,001	1,000	0,996	0,985	0,965
	2,5	1,000	1,000	0,994	0,978	0,951
	3,0	1,000	0,999	0,992	0,973	0,941
0,8	0,1	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
	0,5	1,000	1,001	1,003	1,007	1,012
	1,0	1,001	1,002	1,002	1,004	1,004
	1,5	1,001	1,001	0,999	0,992	0,976
	2,0	1,001	1,000	0,995	0,979	0,951
	2,5	1,001	1,000	0,993	0,971	0,933
	3,0	1,001	0,999	0,990	0,965	0,920
1,0	0,1	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
	0,5	1,000	1,002	1,004	1,009	1,017
	1,0	1,001	1,002	1,004	1,005	1,002
	1,5	1,001	1,002	0,999	0,989	0,967
	2,0	1,001	1,001	0,995	0,974	0,937
	2,5	1,001	1,000	0,991	0,964	0,916
	3,0	1,001	0,999	0,988	0,956	0,902

Tableau 11 – Coefficients J

$Y = \frac{s}{c}$	m	Câble 3 / inverse $z = \frac{d}{2s}$				
		Câble 4 / inverse				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	0,998	0,996	0,992	0,989
	0,5	0,999	0,995	0,990	0,982	0,975
	1,0	0,998	0,994	0,987	0,977	0,966
	1,5	0,999	0,994	0,987	0,974	0,961
	2,0	0,998	0,994	0,986	0,973	0,956
	2,5	0,999	0,994	0,986	0,972	0,953
	3,0	0,999	0,995	0,987	0,972	0,951
0,4	0,1	1,000	0,995	0,987	0,977	0,964
	0,5	0,997	0,985	0,965	0,940	0,913
	1,0	0,996	0,979	0,951	0,916	0,881
	1,5	0,996	0,977	0,946	0,905	0,862
	2,0	0,995	0,977	0,944	0,898	0,850
	2,5	0,996	0,977	0,943	0,894	0,841
	3,0	0,996	0,977	0,943	0,893	0,836
0,6	0,1	1,000	0,992	0,978	0,959	0,936
	0,5	0,994	0,970	0,933	0,886	0,838
	1,0	0,991	0,956	0,902	0,836	0,775
	1,5	0,990	0,951	0,889	0,812	0,740
	2,0	0,989	0,949	0,883	0,799	0,720
	2,5	0,989	0,948	0,879	0,792	0,707
	3,0	0,989	0,948	0,879	0,788	0,698
0,8	0,1	1,000	0,989	0,970	0,945	0,914
	0,5	0,991	0,957	0,902	0,835	0,765
	1,0	0,985	0,932	0,850	0,755	0,669
	1,5	0,983	0,921	0,827	0,717	0,622
	2,0	0,982	0,917	0,816	0,698	0,596
	2,5	0,982	0,915	0,811	0,688	0,581
	3,0	0,981	0,914	0,808	0,681	0,570
1,0	0,1	1,000	0,987	0,966	0,937	0,902
	0,5	0,988	0,944	0,873	0,788	0,698
	1,0	0,979	0,907	0,800	0,678	0,571
	1,5	0,975	0,891	0,766	0,628	0,517
	2,0	0,973	0,884	0,750	0,604	0,490
	2,5	0,973	0,881	0,742	0,591	0,474
	3,0	0,972	0,879	0,738	0,583	0,463

Table 11 – J coefficients

		Cable 3 / Reverse Cable 4 / Reverse				
		$z = \frac{d}{2s}$				
$Y = \frac{s}{c}$	m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,2	0,1	1,000	0,998	0,996	0,992	0,989
	0,5	0,999	0,995	0,990	0,982	0,975
	1,0	0,998	0,994	0,987	0,977	0,966
	1,5	0,999	0,994	0,987	0,974	0,961
	2,0	0,998	0,994	0,986	0,973	0,956
	2,5	0,999	0,994	0,986	0,972	0,953
	3,0	0,999	0,995	0,987	0,972	0,951
0,4	0,1	1,000	0,995	0,987	0,977	0,964
	0,5	0,997	0,985	0,965	0,940	0,913
	1,0	0,996	0,979	0,951	0,916	0,881
	1,5	0,996	0,977	0,946	0,905	0,862
	2,0	0,995	0,977	0,944	0,898	0,850
	2,5	0,996	0,977	0,943	0,894	0,841
	3,0	0,996	0,977	0,943	0,893	0,836
0,6	0,1	1,000	0,992	0,978	0,959	0,936
	0,5	0,994	0,970	0,933	0,886	0,838
	1,0	0,991	0,956	0,902	0,836	0,775
	1,5	0,990	0,951	0,889	0,812	0,740
	2,0	0,989	0,949	0,883	0,799	0,720
	2,5	0,989	0,948	0,879	0,792	0,707
	3,0	0,989	0,948	0,879	0,788	0,698
0,8	0,1	1,000	0,989	0,970	0,945	0,914
	0,5	0,991	0,957	0,902	0,835	0,765
	1,0	0,985	0,932	0,850	0,755	0,669
	1,5	0,983	0,921	0,827	0,717	0,622
	2,0	0,982	0,917	0,816	0,698	0,596
	2,5	0,982	0,915	0,811	0,688	0,581
	3,0	0,981	0,914	0,808	0,681	0,570
1,0	0,1	1,000	0,987	0,966	0,937	0,902
	0,5	0,988	0,944	0,873	0,788	0,698
	1,0	0,979	0,907	0,800	0,678	0,571
	1,5	0,975	0,891	0,766	0,628	0,517
	2,0	0,973	0,884	0,750	0,604	0,490
	2,5	0,973	0,881	0,742	0,591	0,474
	3,0	0,972	0,879	0,738	0,583	0,463

Publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes n° 20

- 55:— Câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique pour des tensions assignées inférieures ou égales à 18/30 kV (avec âmes conductrices en cuivre ou aluminium et à l'exclusion des câbles à pression de gaz et à huile fluide).
- 55-1 (1978) Première partie: Essais.
Modification n° 1 (1989).
- 55-2 (1981) Deuxième partie: Généralités et exigences de construction.
Modification n° 1 (1989).
- 141:— Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires.
- 141-1 (1993) Première partie: Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV.
- 141-2 (1963) Deuxième partie: Câbles à pression de gaz interne et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 275 kV.
Modification n° 1 (1967).
- 141-3 (1963) Troisième partie: Câbles à pression de gaz externe (à compression de gaz) et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 275 kV.
Modification n° 1 (1967).
- 141-4 (1980) Quatrième partie: Câbles à huile fluide en tuyau à isolation de papier imprégné sous forte pression d'huile et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV.
Amendement n° 1 (1990).
- 173 (1964) Couleurs pour les conducteurs des câbles souples.
- 183 (1984) Guide pour le choix des câbles à haute tension.
Amendement n° 1 (1990).
- 227:— Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V.
- 227-1 (1993) Partie 1: Prescriptions générales.
- 227-2 (1979) Deuxième partie: Méthodes d'essais.
Modification n° 1 (1985).
- 227-3 (1993) Partie 3: Conducteurs pour installations fixes.
- 227-4 (1992) Partie 4: Câbles sous gaine pour installations fixes.
- 227-5 (1979) Cinquième partie: Câbles souples.
Modification n° 1 (1987).
- 227-6 (1985) Sixième partie: Câbles pour ascenseurs et câbles pour connexions souples.
- 228 (1978) Ames des câbles isolés. Guide pour les limites dimensionnelles des âmes circulaires.
Amendement 1 (1993).
- 228A (1982) Premier complément.
- 229 (1982) Essais sur les gaines extérieures des câbles, qui ont une fonction spéciale de protection et sont appliquées par extrusion.
- 230 (1966) Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.
- 245:— Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc, de tension nominale au plus égale à 450/750 V.
- 245-1 (1985) Première partie: Prescriptions générales.
- 245-2 (1980) Deuxième partie: Méthodes d'essais.
Modification n° 1 (1985).
- 245-3 (1980) Troisième partie: Conducteurs isolés au silicone, résistant à la chaleur.
Modification n° 1 (1985).

(suite)

IEC publications prepared by Technical Committee No. 20

- 55:— Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV (with copper or aluminium conductors and excluding gas-pressure and oil-filled cables).
- 55-1 (1978) Part 1: Tests.
Amendment No. 1 (1989).
- 55-2 (1981) Part 2: General and construction requirements.

Amendment No. 1 (1989).
- 141:— Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories.
- 141-1 (1993) Part 1: Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV.
- 141-2 (1963) Part 2: Internal gas-pressure cables and accessories for alternating voltages up to 275 kV.

Amendment No. 1 (1967).
- 141-3 (1963) Part 3: External gas-pressure (gas compression) cables and accessories for alternating voltages up to 275 kV.
Amendment No. 1 (1967).
- 141-4 (1980) Part 4: Oil-impregnated paper-insulated high-pressure oil-filled pipe-type cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV.

Amendment No. 1 (1990).
- 173 (1964) Colours of the cores of flexible cables and cords.
- 183 (1984) Guide to the selection of high-voltage cables.
Amendment No. 1 (1990).
- 227:— Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V.
- 227-1 (1993) Part 1: General requirements.
- 227-2 (1979) Part 2: Test methods.
Amendment No. 1 (1985).
- 227-3 (1993) Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring.
- 227-4 (1992) Part 4: Sheathed cables for fixed wiring.
- 227-5 (1979) Part 5: Flexible cables (cords).
Amendment No. 1 (1987).
- 227-6 (1985) Part 6: Lift cables and cables for flexible connections.
- 228 (1978) Conductors of insulated cables. Guide to the dimensional limits of circular conductors.
Amendment 1 (1993).
- 228A (1982) First supplement.
- 229 (1982) Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion.
- 230 (1966) Impulse tests on cables and their accessories.
- 245:— Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V.
- 245-1 (1985) Part 1: General requirements.
- 245-2 (1980) Part 2: Test methods.
Amendment No. 1 (1985).
- 245-3 (1980) Part 3: Heat resistant silicone insulated cables.

Amendment No. 1 (1985).

(suite)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Etudes n° 20 (suite)**

- 245-4 (1980) Quatrième partie: Câbles souples.
Modification n° 2 (1988).
- 245-5 (1980) Cinquième partie: Câbles pour ascenseurs.
Modification n° 1 (1985).
- 245-6 (1980) Sixième partie: Câbles souples pour électrodes de soudage à l'arc.
Modification n° 1 (1985).
- 287 (1982) Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).
Modification n° 1 (1988).
Amendement n° 2 (1991).
Amendement 3 (1993).
- 287-1-2 (1993) Câbles électriques – Calcul du courant admissible –
Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes –
Section 2: Facteurs de pertes par courants de Foucault dans les gaines dans le cas de deux circuits disposés en nappe.
- 331 (1970) Caractéristiques des câbles électriques résistant au feu.
- 332:– Essais des câbles électriques soumis au feu.
- 332-1 (1993) Première partie: Essais sur un fil ou câble vertical isolé.
- 332-2 (1989) Deuxième partie: Essai sur un petit conducteur ou câble isolé à âme en cuivre, en position verticale.
- 332-3 (1992) Troisième partie: Essais sur des fils ou câbles en nappes.
- 502 (1983) Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.
Amendement n° 4 (1990).
Amendement 5 (1993).
- 541 (1976) Comparaison des câbles souples de la CEI et des câbles souples de l'Amérique du Nord.
- 702:– Câbles à isolant minéral et leurs terminaisons de tension nominale ne dépassant pas 750 V.
- 702-1 (1988) Première partie: Câbles.
Amendement n° 1 (1992)
- 702-2 (1986) Deuxième partie: Terminaisons.
- 719 (1992) Calcul des valeurs minimales et maximales des dimensions extérieures moyennes des conducteurs et câbles à âmes circulaires en cuivre et de tension nominale au plus égale à 450/750 V.
- 724 (1984) Guide aux limites de température de court-circuit des câbles électriques de tension assignée au plus égale à 0,6/1,0 kV.
Amendement 1 (1993).
- 754:– Essai des gaz émis lors de la combustion des câbles électriques.
- 754-1 (1982) Première partie: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné émis lors de la combustion d'un matériau polymérisé prélevé sur un câble.
- 754-2 (1991) Deuxième partie: Détermination de l'acidité des gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble par mesurage du pH et de la conductivité.
- 800 (1992) Câbles chauffants de tension nominale 300/500 V pour le chauffage des locaux et de la protection contre la formation de glace.

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 20 (continued)**

- 245-4 (1980) Part 4: Cords and flexible cables.
Amendment No. 2 (1988).
- 245-5 (1980) Part 5: Lift cables.
Amendment No. 1 (1985).
- 245-6 (1980) Part 6: Arc welding electrode cables.

Amendment No. 1 (1985).
- 287 (1982) Calculation of the continuous current rating of cables (100% load factor).
Amendment No. 1 (1988).
Amendment No. 2 (1991).
Amendment 3 (1993).
- 287-1-2 (1993) Electric cables – Calculation of the current rating –
Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation.
- 331 (1970) Fire-resisting characteristics of electric cables.
- 332:– Tests on electric cables under fire conditions.
- 332-1 (1993) Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable.
- 332-2 (1989) Part 2: Test on a single small vertical insulated copper wire or cable.
- 332-3 (1992) Part 3: Tests on bunched wires or cables
- 502 (1983) Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV to 30 kV.

Amendment No. 4 (1990).
Amendment 5 (1993).
- 541 (1976) Comparative information on IEC and North American flexible cord types.
- 702:– Mineral insulated cables and their terminations with a rated voltage not exceeding 750 V.
- 702-1 (1988) Part 1: Cables.
Amendment No. 1 (1992)
- 702-2 (1986) Part 2: Terminations.
- 719 (1992) Calculation of the lower and upper limits for the average outer dimensions of cables with circular copper conductors and of rated voltages up to and including 450/750 V.
- 724 (1984) Guide to the short-circuit temperature limits of electric cables with a rated voltage not exceeding 0,6/1,0 kV.
Amendment 1 (1993).
- 754:– Test on gases evolved during combustion of electric cables.
- 754-1 (1982) Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas evolved during the combustion of polymeric materials taken from cables.
- 754-2 (1991) Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity.
- 800 (1992) Heating cables with a rated voltage of 300/500 V for comfort heating and prevention of ice formation.

(continued)

Publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes n° 20 (suite)

- 811:– Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques
- 811-1:– Première partie: Méthodes d'application générale.
- 811-1-1 (1993) Section un: Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques.
- 811-1-2 (1985) Section deux: Méthodes de vieillissement thermique. Modification n° 1 (1989).
- 811-1-3 (1985) Section trois: Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction. Modification n° 1 (1990). Amendement 2 (1993).
- 811-1-4 (1985) Section quatre: Essais à basse température. Amendement 1 (1993).
- 811-2:– Deuxième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères.
- 811-2-1 (1986) Section un: Essai de résistance à l'ozone – Essai d'allongement à chaud – Essai de résistance à l'huile. Amendement 1 (1992). Amendement 2 (1993).
- 811-3:– Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC.
- 811-3-1 (1985) Section un: Essai de pression à température élevée – Essais de résistance à la fissuration. Amendement 1 (1993).
- 811-3-2 (1985) Section deux: Essai de perte de masse – Essai de stabilité thermique. Amendement 1 (1993).
- 811-4:– Quatrième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène.
- 811-4-1 (1985) Section un: Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement – Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air – Mesure de l'indice de fluidité à chaud – Mesure dans le PE du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales. Modification n° 1 (1988). Amendement 2 (1993).
- 811-4-2 (1990) Section deux: Allongement à la rupture après préconditionnement – Essai d'enroulement après préconditionnement – Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air – Mesure de l'augmentation de masse – Essai de stabilité à long terme (annexe A) – Méthode d'essai pour l'oxydation catalytique par le cuivre (annexe B).
- 811-5-1 (1990) Cinquième partie: Méthodes spécifiques pour les matières de remplissage – Section un: Point de goutte – Séparation d'huile – Fragilité à basse température – Indice d'acide total – Absence de composés corrosifs – Permittivité à 23 °C – Résistivité en courant continu à 23 °C et 100 °C.
- 840 (1988) Essais des câbles de transport d'énergie à isolation extrudée pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV). Amendement 2 (1993).
- 853:– Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours.

(suite)

IEC publications prepared by Technical Committee No. 20 (continued)

- 811:– Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables.
- 811-1:– Part 1: Methods for general application.
- 811-1-1 (1993) Section One: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties.
- 811-1-2 (1985) Section Two: Thermal ageing methods. Amendment No. 1 (1989).
- 811-1-3 (1985) Section Three: Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test. Amendment No. 1 (1990). Amendment No. 2 (1993).
- 811-1-4 (1985) Section Four: Tests at low temperature. Amendment 1 (1993).
- 811-2:– Part 2: Methods specific to elastomeric compounds.
- 811-2-1 (1986) Section One: Ozone resistance test – Hot set test – Mineral oil immersion test. Amendment 1 (1992). Amendment 2 (1993).
- 811-3:– Part 3: Methods specific to PVC compounds.
- 811-3-1 (1985) Section One: Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking. Amendment 1 (1993).
- 811-3-2 (1985) Section Two: Loss of mass test – Thermal stability test. Amendment 1 (1993).
- 811-4:– Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds.
- 811-4-1 (1985) Section One: Resistance to environmental stress cracking – Wrapping test after thermal ageing in air – Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral content measurement in PE. Amendment No. 1 (1988). Amendment 2 (1993).
- 811-4-2 (1990) Section Two: Elongation at break after pre-conditioning – Wrapping test after pre-conditioning – Wrapping test after thermal ageing in air – Measurement of mass increase – Long-term stability test (Appendix A) – Test method for copper-catalysed oxidative degradation (Appendix B).
- 811-5-1 (1990) Part 5: Methods specific to filling compounds – Section One: Drop point – Separation of oil – Lower temperature brittleness – Total acid number – Absence of corrosive components – Permittivity at 23 °C – D.C. resistivity at 23 °C and 100 °C.
- 840 (1988) Tests for power cables with extruded insulation for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV). Amendment 2 (1993).
- 853:– Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Etudes n° 20 (suite)**

- 853-1 (1985) Première partie: Facteurs de capacité de transport cyclique pour des câbles de tensions inférieures ou égales à 18/30 (36) kV.
- 853-2 (1989) Deuxième partie: Régime cyclique pour des câbles de tensions supérieures à 18/30 (36) kV et régimes de secours pour des câbles de toutes tensions.
- 885:— Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques.
- 885-1 (1987) Première partie: Essais électriques pour les câbles, les conducteurs et les fils, pour une tension inférieure ou égale à 450/750 V.
- 885-2 (1987) Deuxième partie: Essais de décharges partielles.
- 885-3 (1988) Troisième partie: Méthode d'essais pour mesures de décharges partielles sur longueurs de câbles de puissance extrudés.
- 949 (1988) Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique.
- 986 (1989) Guide aux limites de température de court-circuit des câbles électriques de tension assignée de 1,8/3 (3,6) kV à 18/30 (36) kV.
Amendement 1 (1993).
- 1034:— Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles électriques brûlant dans des conditions définies.
- 1034-1 (1990) Partie 1: Appareillage d'essai.
- 1034-2 (1991) Part 2: Procédure d'essai et prescriptions.
Amendement 1 (1993).
- 1042 (1991) Méthode de calcul des coefficients de réduction de l'intensité de courant admissible pour des groupes de câbles posés à l'air libre et protégés du rayonnement solaire direct.
- 1059 (1991) Optimisation économique des sections d'âme de câbles électriques de puissance.
- 1138 (1992) Câbles d'équipement portable de mise à la terre et de court-circuit.
- 1238-1 (1993) Connecteurs sertis et à serrage mécanique pour câbles d'énergie à âmes en cuivre ou en aluminium —
Partie 1: Méthodes d'essais et prescriptions

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 20 (continued)**

- 853-1 (1985) Part 1: Cyclic rating factor for cables up to and including 18/30 (36) kV.
- 853-2 (1989) Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages.
- 885:— Electrical test methods for electric cables.
- 885-1 (1987) Part 1: Electrical test for cables, cords and wires for voltages up to and including 450/750 V.
- 885-2 (1987) Part 2: Partial discharge tests.
- 885-3 (1988) Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables.
- 949 (1988) Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.
- 986 (1989) Guide to the short-circuit temperature limits of electric cables with a rated voltage from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV.
Amendment 1 (1993).
- 1034:— Measurement of smoke density of electric cables burning under defined conditions.
- 1034-1 (1990) Part 1: Test apparatus.
- 1034-2 (1991) Part 2: Test procedure and requirements.
Amendment 1 (1993).
- 1042 (1991) A method for calculating reduction factors for groups of cables in free air, protected from solar radiation.
- 1059 (1991) Economic optimization of power cable size.
- 1138 (1992) Cables for portable earthing and short-circuiting equipment.
- 1238-1 (1993) Compression and mechanical connectors for power cables with copper or aluminium conductors — Part 1: Test methods and requirements.