

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
1238-1**

Première édition  
First edition  
1993-08

---

---

**Connecteurs sertis et à serrage mécanique  
pour câbles d'énergie à âmes en cuivre  
ou en aluminium**

**Partie 1:**  
Méthodes d'essais et prescriptions

**Compression and mechanical connectors  
for power cables with copper or  
aluminium conductors**

**Part 1:**  
Test methods and requirements



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1238-1: 1993

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

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 IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
1238-1

Première édition  
First edition  
1993-08

---

---

**Connecteurs sertis et à serrage mécanique  
pour câbles d'énergie à âmes en cuivre  
ou en aluminium**

**Partie 1:**  
Méthodes d'essais et prescriptions

**Compression and mechanical connectors  
for power cables with copper or  
aluminium conductors**

**Part 1:**  
Test methods and requirements

© 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 procédé, 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 Varembe 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
INTRODUCTION .....	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet .....	8
2 Références normatives .....	10
3 Définitions .....	10
4 Liste des principaux symboles .....	12
5 Généralités .....	14
5.1 Ame .....	14
5.2 Connecteurs et outils de mise en oeuvre .....	14
5.3 Critères de conformité .....	14
6 Essais électriques .....	16
6.1 Installation .....	16
6.2 Mesures .....	18
6.3 Essai de cycle thermique .....	20
6.4 Evaluation des résultats .....	24
6.5 Prescriptions .....	26
7 Essais mécaniques .....	26
7.1 Méthode .....	26
7.2 Prescriptions .....	28
Figures .....	30
Annexes	
A Egaliseurs .....	40
B Mesures .....	44
C Précision des mesures .....	46
D Détermination de la valeur du courant de court-circuit .....	48
E Méthode de calcul .....	50

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
INTRODUCTION .....	7
Clause	
1 Scope and object .....	9
2 Normative references .....	11
3 Definitions .....	11
4 List of principal symbols .....	13
5 General .....	15
5.1 Conductor .....	15
5.2 Connectors and tooling .....	15
5.3 Range of acceptance .....	15
6 Electrical tests .....	17
6.1 Installation .....	17
6.2 Measurements .....	19
6.3 Heat cycle test .....	21
6.4 Assessment of results .....	25
6.5 Requirements .....	27
7 Mechanical tests .....	27
7.1 Method .....	27
7.2 Requirements .....	29
Figures .....	31
Annexes	
A Equalizers .....	41
B Measurements .....	45
C Accuracy of measurement .....	47
D Determination of the value of the short-circuit current .....	49
E Calculation method .....	51

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## CONNECTEURS SERTIS ET À SERRAGE MÉCANIQUE POUR CÂBLES D'ÉNERGIE À ÂMES EN CUIVRE OU EN ALUMINIUM

### Partie 1: Méthodes d'essais et prescriptions

#### 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 1238-1 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote	Amendement au DIS	Rapport de vote
20(BC)199	20(BC)202	20(BC)203	20(BC)206

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A, B, C et E font partie intégrante de cette norme.

L'annexe D est donnée uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## COMPRESSION AND MECHANICAL CONNECTORS FOR POWER CABLES WITH COPPER OR ALUMINIUM CONDUCTORS

### Part 1: Test methods and requirements

#### 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 1238-1 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

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

DIS	Report on voting	Amendment to DIS	Report on voting
20(CO)199	20(CO)202	20(CO)203	20(CO)206

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

Annexes A, B, C and E form an integral part of this standard.

Annex D is for information only.

## INTRODUCTION

La présente Norme internationale traite des essais de type pour les connecteurs à sertissage et à serrage mécanique, utilisables sur les âmes en cuivre et en aluminium de câbles électriques isolés. Quand un type de connexion répond aux prescriptions de cette norme, on attend donc qu'en service:

- a) la résistance de la connexion reste stable;
- b) la température du connecteur soit du même ordre de grandeur ou inférieure à celle de l'âme;
- c) si l'utilisation prévue nécessite l'application de courants de court-circuit, celle-ci n'affectera ni a), ni b), ni d);
- d) la tenue mécanique soit adéquate.

Il convient de signaler que, si les essais électriques et mécaniques spécifiés dans la présente norme doivent prouver l'adéquation des connecteurs pour la plupart des conditions de fonctionnement, ils ne s'appliquent pas nécessairement aux situations dans lesquelles un connecteur peut être porté à une température élevée du fait de la connexion à des équipements subissant des contraintes très sévères, ou si le connecteur est soumis à des vibrations mécaniques excessives ou à des conditions de choc ou de corrosion. Dans ces différents cas, il peut être nécessaire que les essais de la présente norme soient complétés par des essais spéciaux définis d'un commun accord entre le fournisseur et l'acheteur.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF file  
1238-1 © CEI:1993

## INTRODUCTION

This International Standard deals with type tests for compression and mechanical connectors for use on copper and aluminium conductors of insulated cables. When a design of connector meets the requirements of this standard, then it is expected that in service:

- a) the resistance of the connection will remain stable;
- b) the temperature of the connector will be of the same order or less than that of the conductor;
- c) if the intended use demands it, application of short-circuit currents will not affect a), b) and d);
- d) the mechanical strength will be fit for the purpose.

It should be stressed that, although the electrical and mechanical tests specified in this standard are to prove the suitability of connectors for most operating conditions, they do not necessarily apply to situations where a connector may be raised to a high temperature by virtue of connection to highly rated plant, or where the connector is subjected to excessive mechanical vibration or shock or to corrosive conditions. In these instances, the tests in this standard may need to be supplemented by special tests agreed between supplier and purchaser.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF file  
1238-1 © IEC: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

### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 1238 est applicable aux connecteurs pour câbles d'énergie, c'est-à-dire les câbles enterrés ou les câbles installés à l'intérieur des bâtiments.

- a) Les âmes sont conformes aux prescriptions des CEI 228 et CEI 228A, de section nominale au moins égale à 10 mm<sup>2</sup> pour le cuivre et au moins égale à 16 mm<sup>2</sup> pour l'aluminium.
- b) L'essai électrique couvre l'intensité admissible des connecteurs pour utilisation à toute tension.
- c) La température maximale de fonctionnement en service permanent est au plus égale à 90 °C sur l'âme.

La présente norme n'est pas applicable aux connecteurs aériens (qui sont conçus pour des prescriptions mécaniques spécifiques), ni aux connecteurs séparables.

Bien qu'il ne soit pas possible de définir avec précision les conditions d'utilisation pour toutes les applications, deux grandes classes de connecteurs ont été définies.

#### *Classe A*

Il s'agit de connecteurs destinés à la distribution d'électricité ou à des réseaux industriels dans lesquels ils peuvent être soumis à des courts-circuits d'intensité et de durée relativement élevées. En conséquence, les connecteurs de classe A sont adaptés à la majorité des applications.

#### *Classe B*

Il s'agit de connecteurs destinés à des réseaux dans lesquels les surcharges ou les courts-circuits sont rapidement limités par des dispositifs de protection installés, c'est-à-dire des fusibles à coupure rapide.

Selon leur application, les connecteurs sont soumis aux essais suivants:

*Classe A* Les connecteurs sont soumis à des cycles thermiques et à des essais de court-circuit.

*Classe B* Les connecteurs sont soumis uniquement à des cycles thermiques.

L'objet de la présente norme est de définir les méthodes d'essais de type et les prescriptions à appliquer aux connecteurs sertis et à serrage mécanique utilisables sur les câbles d'énergie à âmes en cuivre ou en aluminium.

# COMPRESSION AND MECHANICAL CONNECTORS FOR POWER CABLES WITH COPPER OR ALUMINIUM CONDUCTORS

## Part 1: Test methods and requirements

### 1 Scope and object

This part of IEC 1238 applies to connectors for power cables, e.g. buried cables or cables in buildings.

- a) These cables conform to the requirements of IEC 228 and IEC 228A with conductor cross-sections 10 mm<sup>2</sup> and greater for copper and 16 mm<sup>2</sup> and greater for aluminium.
- b) The electrical test covers the current-carrying capacity of connectors for application at any voltage.
- c) The maximum continuous conductor temperature is less than or equal to 90 °C.

This standard is not applicable to overhead conductors, which are designed for special mechanical requirements, or to separable connectors.

Although it is not possible to define precisely the service conditions for all applications, two broad classes of connectors have been identified.

#### *Class A*

These are connectors intended for electricity distribution or industrial networks in which they can be subjected to short circuits of relatively high intensity and duration. As a consequence class A connectors will be suitable for the majority of applications.

#### *Class B*

These are connectors for networks in which overloads or short circuits are rapidly restricted by the installed protective devices, e.g. fast-acting fuses.

Depending on the application, the connectors are subjected to the following tests:

*Class A* The connectors are subjected to heat cycles and short-circuit tests.

*Class B* The connectors are subjected to heat cycles only.

The object of this standard is to define the type test methods and requirements which apply to compression and mechanical connectors for power cables with copper or aluminium conductors.

## 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 partie de la CEI 1238. 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 partie de la CEI 1238 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 27-1: 1992, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 1: Généralités*

CEI 228: 1978, *Ames des câbles isolés*

CEI 228A: 1982, *Ames des câbles isolés – Premier complément: Guide par les limites dimensionnelles des âmes circulaires*

CEI 724: 1984, *Guide aux limites de température de court-circuit, des câbles électriques de tension assignées au plus égale à 0,6/1,0 kV*

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 **connecteur**: Dispositif pour raccorder électriquement une âme conductrice à une partie d'équipement ou pour raccorder deux âmes ou plus les unes aux autres.

3.2 **connecteur de jonction**: Connecteur pour raccorder deux longueurs consécutives d'âme conductrice.

3.3 **connecteur de dérivation**: Connecteur pour raccorder l'âme d'un conducteur dérivé à celle d'un conducteur principal.

3.4 **cosse d'extrémité**: Connecteur comprenant une plage et un fût permettant de raccorder l'âme d'un conducteur à une partie d'appareillage.

3.5 **plage**: Partie d'une cosse d'extrémité utilisée pour la connexion à un appareillage.

3.6 **fût**: Partie d'un connecteur dans laquelle est introduite l'âme à raccorder.

3.7 **raccordement**: Ensemble comprenant le fût et la partie d'âme en contact étroit avec celui-ci, après mise en oeuvre du procédé de raccordement.

3.8 **conducteur de référence**: Longueur d'âme conductrice nue ou dénudée, sans raccordement, insérée dans la boucle d'essai et qui est utilisée pour déterminer la température et les résistances électriques de référence.

3.9 **égaliseur**: Dispositif utilisé dans la boucle d'essai pour assurer un point équipotentiel dans une âme câblée.

## 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1238. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1238 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 27-1: 1992, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 228: 1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 228A: 1982, *Conductors of insulated cables – First supplement: Guide to the dimensional limits of circular conductors*

IEC 724: 1984, *Guide to the short-circuit temperature limits of electric cables with a rated voltage not exceeding 0,6/1,0 kV*

## 3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

3.1 **connector**: Device for connecting a conductor to an equipment terminal or for connecting two or more conductors to each other.

3.2 **through connector**: Connector for connecting two consecutive lengths of conductor.

3.3 **branch connector**: Connector for connecting a branch conductor to a main conductor.

3.4 **terminal lug**: Connector comprising a palm and a connector barrel, for connecting a conductor to an equipment terminal.

3.5 **palm**: Part of a terminal lug used to make the connection to equipment terminals.

3.6 **connector barrel**: Part of a connector, into which the conductor to be connected is introduced.

3.7 **joint**: Assembly comprising the connector barrel and that portion of the conductor which has been brought into intimate contact with it during the jointing process.

3.8 **reference conductor**: Length of unjointed bare conductor or conductor with the insulation removed, which is included in the test loop and which enables the reference temperature and reference resistance to be determined.

3.9 **equalizer**: Arrangement used in the test loop to ensure a point of equipotential in a stranded conductor.

**3.10 raccordement par sertissage:** Méthode consistant à fixer un connecteur à une âme par déformation permanente du fût du connecteur et de l'âme conductrice, au moyen d'un outil approprié.

**3.11 raccordement par serrage mécanique:** Méthode destinée à fixer un connecteur à une âme, au moyen par exemple d'un boulon ou d'une vis agissant sur celle-ci.

**3.12 connecteur médian:** Le connecteur qui, parmi les six de la boucle d'essai et au cours du premier cycle de chauffage atteint la température de rang trois en partant de la plus élevée.

#### 4 Liste des principaux symboles

- $I$  est le courant continu de mesure traversant une connexion durant la mesure de la résistance
- $U$  est la différence de potentiel entre deux points de mesure lorsque le courant  $I$  circule
- $I_r$  est le courant continu de mesure traversant le ou les conducteur(s) de référence durant la mesure de la résistance
- $U_r$  est la différence de potentiel entre deux points de mesure sur un conducteur de référence lorsque le courant  $I_r$  circule
- $\Theta$  est la température d'un connecteur
- $\Theta_{\max}$  est la température maximale enregistrée sur un connecteur durant la totalité de la période d'essai
- $\Theta_R$  est la température du conducteur de référence déterminée durant le premier cycle
- $\Theta_{\text{ref}}$  est la température du conducteur de référence au moment de la mesure de  $\Theta_{\max}$
- $I_N$  est le courant alternatif nécessaire à maintenir le conducteur de référence à la température spécifiée
- $t_1$  est la durée de chauffage
- $t_2$  est la durée nécessaire aux connecteurs et au conducteur de référence pour se refroidir jusqu'à une température égale ou inférieure à 35 °C
- $I_{\text{rms}}$  est la valeur efficace équivalente du courant de court-circuit
- $l_a, l_b, l_j$  sont les longueurs de l'ensemble de connexion après mise en oeuvre, associées aux points de mesure
- $l_r$  est la longueur du conducteur de référence entre deux points de mesure
- $A$  est la section nominale de l'âme
- $\alpha$  est le coefficient de température de la résistance à 20 °C
- $k$  est le rapport entre la résistance d'un connecteur et celle du conducteur de référence de longueur équivalente à celle du connecteur

NOTE - Lorsque cela est possible, les symboles utilisés sont conformes à la CEI 27-1.

**3.10 compression jointing:** Method of securing a connector to a conductor by using a special tool to produce permanent deformation of the connector and the conductor.

**3.11 mechanical jointing:** Method of securing a connector to a conductor, for example by means of a bolt or screw acting on the latter.

**3.12 median connector:** Connector which during the first heat cycle records the third highest temperature of the six connectors in the test loop.

#### 4 List of principal symbols

$I$	is the direct measuring current flowing through a connection during resistance measurement
$U$	is the potential difference between measurement points when current $I$ is flowing
$I_r$	is the direct measuring current flowing through the reference conductor/conductors during resistance measurement
$U_r$	is the potential difference between measuring points on a reference conductor when current $I_r$ is flowing
$\Theta$	is the temperature of a connector
$\Theta_{\max}$	is the maximum temperature recorded on a connector over the total period of test
$\Theta_R$	is the temperature of the reference conductor determined in the first heat cycle
$\Theta_{\text{ref}}$	is the temperature of the reference conductor at the moment of measuring $\Theta_{\max}$
$I_N$	is the a.c. current necessary to maintain the reference conductor at its specified temperature
$t_1$	is the heating time
$t_2$	is the time necessary for the connectors and the reference conductor to cool to a value equal to or below 35 °C
$I_{\text{rms}}$	is the equivalent r.m.s. short-circuit current
$l_a, l_b, l_j$	are the lengths of the connector assembly associated with the measurement points after jointing
$l_r$	is the length of the reference conductor between measurement points
$A$	is the nominal cross-sectional area of the conductor
$\alpha$	is the temperature coefficient of resistance at 20 °C
$k$	is the ratio of the resistance of a connector to that of the resistance of the equivalent length of the reference conductor.

NOTE - Where possible the letter symbols used are in accordance with IEC 27-1.

## 5 Généralités

### 5.1 Ame

Les informations suivantes doivent figurer dans le rapport d'essai:

- Matériau de l'âme.
- Section nominale, dimensions principales et forme. Il est recommandé que la section réelle du conducteur soit aussi indiquée.
- Type d'âme, c'est-à-dire massive ou câblée; si elle est câblée, des détails de construction doivent être donnés, par exemple:
  - rétreinte;
  - non rétreinte;
  - souple;
  - nombre de brins;
  - sens de câblage des couches;
  - revêtement;
  - éventuellement, type d'imprégnation;
  - indication approximative sur la dureté, c'est-à-dire recuit, demi-dur, dur;
  - type d'isolant dans le cas de connecteurs à perforation d'isolant.

### 5.2 Connecteurs et outils de mise en œuvre

Les informations suivantes doivent figurer dans le rapport d'essai:

- la technique de montage à utiliser;
- les outils et les équipements nécessaires;
- la préparation des surfaces de contact;
- le type et le numéro de référence du connecteur et toutes marques d'identification figurant sur le connecteur.

### 5.3 Critères de conformité

En général, les essais effectués sur un type de combinaison connecteur/âme s'appliquent seulement à cet ensemble. Cependant pour limiter le nombre d'essais, les règles suivantes sont admises:

- Un connecteur qui couvre une gamme de sections est conforme si les résultats des essais effectués sur des âmes de la plus petite et de la plus grande section sont satisfaisants (voir note ci-dessous).
- Un connecteur qui peut être monté sur des âmes circulaires ou sectoriales mises au rond est conforme si les résultats de l'essai effectué sur l'un des types d'âmes sont satisfaisants.
- S'il s'agit d'un connecteur de jonction pour deux âmes de sections ou de formes différentes, ou de nature de matériaux différents, et si la technique et les fûts utilisés ont déjà été essayés séparément pour chaque section, aucun essai supplémentaire n'est nécessaire. Si ce n'est pas le cas, des essais supplémentaires doivent être effectués en utilisant le plus petit des deux conducteurs pour le contrôle.

NOTE - Dans le cas des connecteurs dont une ou deux extrémités sont conçues pour couvrir une gamme de sections, et pour lesquels le même outillage de raccordement est utilisé pour ces différentes sections, un essai mécanique est réalisé pour toutes les combinaisons, comme indiqué à l'article 7.

## 5 General

### 5.1 Conductor

The following information shall be recorded in the test report:

- Conductor material.
- Nominal cross-sectional area, leading dimensions and shape. It is recommended that the actual conductor area should also be given.
- Type of conductor, i.e. solid or stranded; in the case of stranded conductors details of conductor constructions shall be given, e.g.:
  - compacted;
  - non-compacted;
  - flexible;
  - number of wires;
  - direction of lay;
  - plating;
  - type of impregnation, if any;
  - approximate indication of hardness, e.g. annealed, half-hard, hard;
  - type of insulation in case of insulation-piercing connectors.

### 5.2 Connectors and tooling

The following information shall be recorded in the test report:

- the assembly technique that is to be used;
- tooling and necessary setting;
- preparation of contact surfaces;
- type, reference number and any other identification of the connector.

### 5.3 Range of acceptance

In general, tests made on one type of connector/conductor combination apply to that arrangement only. However, to limit the number of tests the following is permitted:

- A connector which covers a range of cross-sections shall be accepted, if satisfactory results are obtained on the smallest and largest sections (see note below).
- A connector which can be used on round conductors or sector-shaped conductors that are to be rounded, is accepted for both types if satisfactory results are obtained on any one type of conductor.
- If a connector is a through connector for two conductors of different sectional areas, shapes, or materials, and if the technique and the connector barrels used have already been tested separately for each cross-section, no additional test is necessary. If not, then additional tests shall be made using the smaller of the two conductors for the control.

NOTE - In case of connectors of which one or both sides are designed for a range of cross-sections, and a common clamping or crimping arrangement serves for the connection of the different cross-sections, then a mechanical test on all area combinations is carried out according to clause 7.

## 6 Essais électriques

### 6.1 Installation

Pour chaque série d'essais, six connecteurs doivent être montés en suivant les recommandations du constructeur, sur une âme nue ou une âme préalablement dénudée avant montage, afin de constituer une boucle d'essai avec le conducteur de référence correspondant.

Pour les âmes câblées, les potentiels entre les brins aux points de mesure peuvent causer une erreur sur la mesure de la résistance électrique. Des égaliseurs soudés peuvent être utilisés pour pallier ce problème et pour s'assurer de l'uniformité de la répartition du courant dans le conducteur de référence.

Les égaliseurs soudés constituent la méthode de référence pour assurer des mesures fiables (annexe A).

NOTE - Si le connecteur est destiné à être utilisé sur une âme de câble isolé au papier imprégné, il convient qu'il soit essayé sur une âme provenant d'un tel câble.

Dans le cas de connecteurs à perforation d'isolant, l'isolant doit être conservé sur l'âme à l'endroit du connecteur et sur une distance de 100 mm au moins à l'extérieur du connecteur.

La boucle d'essai doit être installée dans un endroit où l'air est calme. La température ambiante du local d'essais doit être comprise entre 15 °C et 30 °C.

Pour faciliter la réalisation des essais de court-circuit (connecteurs de la classe A uniquement), la boucle peut être démontable. Dans ce cas, la technologie des points de sectionnement doit être telle qu'elle n'influence pas les mesures, en particulier celles de températures. Le resserrage des boulons ou des vis des connecteurs en essai n'est pas admis.

#### 6.1.1 Connecteurs de jonction et cosses d'extrémité

Le schéma de la boucle d'essai est indiqué à la figure 1, qui donne les dimensions à respecter.

Pour les essais de cosses d'extrémité, les plages doivent être raccordées aux barres de liaison selon les instructions du constructeur. A l'endroit du raccordement, ces barres doivent avoir les mêmes dimensions et la même épaisseur que la plage de la cosse et être réalisées dans le même matériau.

Il peut s'avérer nécessaire d'ajuster la section de la barre de liaison éloignée du point de connexion pour atteindre les températures spécifiées en 6.3. En variante des barres de liaison, l'essai peut être pratiqué en raccordant les deux plages ensemble. En cas de désaccord, il convient d'utiliser la méthode avec les barres de liaison.

S'il est toutefois nécessaire que l'essai des cosses d'extrémité comprenne une évaluation de la performance de la plage avec son système de serrage relié à l'équipement, il faut alors utiliser les extrémités des barres de liaison dont les dimensions, le matériau et l'état de surface font l'objet d'un accord entre les parties concernées.

## 6 Electrical tests

### 6.1 Installation

For each series of tests, six connectors shall be fitted in accordance with the manufacturer's instructions, on bare conductor or conductor that has had the insulation removed before assembly, to form a test loop together with the corresponding reference conductor.

For stranded conductors, potential between the strands at measuring points can cause errors in measuring electrical resistance. Welded equalizers can be used to overcome this problem and to ensure uniform current distribution in the reference conductor.

Welded equalizers is the reference method to ensure reliable measurements (annex A).

NOTE - If the connector is intended for use on a conductor of a paper-insulated cable it should be tested on a conductor from such a cable.

In the case of insulation-piercing connectors, the insulation shall be retained on the conductor under the connector, and for a distance of at least 100 mm outside the connector.

The test loop shall be installed in a location where the air is calm. The ambient temperature of the test location shall be between 15 °C and 30 °C.

To permit the short-circuit tests (class A connectors only) to be made easily, the loop can be made dismantlable. In this case, the technology of the sectioning joints shall be such that they do not influence the measurements, particularly from the point of view of temperature. Retightening of bolts or screws of the connectors under test is not permitted.

#### 6.1.1 Through connectors and terminal lugs

The test loop is shown in figure 1, which indicates the dimensions that shall be used.

Where terminal lugs are to be tested, the palms shall be bolted to linking bars in accordance with the manufacturer's instructions. These linking bars shall, at the point of connection, be of the same dimensions and thickness as the palm, and also of the same material.

It may be necessary to adjust the section of the linking bar remote from the point of connection, to achieve the temperatures specified in 6.3. As an alternative to linking bars, test can be made on terminal lugs with palm connected direct to palm. In case of disagreement, the method with linking bars shall be used.

If however it is requested that the terminal lug test includes an evaluation of the performance of the bolted palm when connected to terminal plant, then linking bar ends shall be used of a material, size and surface coating agreed between the parties.

### 6.1.2 *Connecteurs de dérivation*

Lorsque le connecteur de dérivation est destiné à une section de câble dérivé, égale ou immédiatement inférieure ou supérieure à celle du câble principal, il est traité comme un connecteur de jonction entre principal et dérivé et la méthode d'essai pour les connecteurs de jonction est applicable. Pour les autres cas, la boucle d'essai doit être celle indiquée à la figure 2. Si le type de connecteur impose de couper le conducteur principal, la partie du connecteur, qui est analogue à un raccord de jonction, doit être également essayée comme un connecteur de jonction.

## 6.2 *Mesures*

### 6.2.1 *Mesures de la résistance électrique*

Les mesures de la résistance électrique doivent être effectuées durant les essais, à différentes étapes, telles que spécifiées en 6.3.

Ces mesures de résistances doivent être effectuées dans des conditions de température stables entre 15 °C et 30 °C.

La méthode de référence consiste à faire passer, dans les connecteurs et dans le conducteur de référence, un courant continu inférieur à 10 % du courant déterminé lors des cycles thermiques et à mesurer la différence de potentiel entre deux points spécifiques. Le rapport de la différence de potentiel et du courant continu constitue alors la résistance entre ces deux points.

Pour des conducteurs de dérivation montés comme indiqué à la figure 2, la totalité du courant de mesure doit traverser la partie du connecteur dont on veut mesurer la différence de potentiel. Des interrupteurs ou des points de sectionnement peuvent être disposés dans ce but. Les f.é.m. thermoélectriques peuvent affecter la précision des mesures de faibles résistances (de l'ordre de 10  $\mu\Omega$ ). Si cela est à craindre, on doit procéder à deux mesures de résistance en inversant le sens du courant continu entre deux lectures. La moyenne des deux lectures effectuées est alors la résistance effective de l'échantillon.

Les points de mesure des potentiels doivent être conformes aux dispositions de la figure 3 et de l'annexe B, et les différentes longueurs indiquées doivent être mesurées afin de pouvoir déterminer les résistances réelles du connecteur. Il faut également enregistrer la température du connecteur et celle du conducteur de référence au moment où les mesures de résistances sont effectuées afin d'apporter la correction de cette dernière à 20 °C. Des renseignements sur la méthode de référence sont également donnés dans l'annexe B. Des mesures de température en ces points doivent aussi être effectuées durant l'essai de cycle thermique.

La précision totale des mesures, calculée suivant les indications de l'annexe C, doit être meilleure que  $\pm 1,5$  %.

### 6.2.2 *Mesures de température*

Les mesures de température doivent être effectuées durant les essais à différentes étapes, telles que spécifiées en 6.3.

Les températures du connecteur et du conducteur de référence doivent être mesurées aux points indiqués à la figure 3. La méthode de référence de mesure de la température doit utiliser des thermocouples. La précision totale des mesures de température doit être de  $\pm 1$  °C ou mieux.

### 6.1.2 *Branch connectors*

When the branch connector is intended for a size of branch cable equal to the main, or a size immediately above or below the main, it is treated as a through connector between the main and the branch, and the test method for through connectors is applicable. In other cases, the test loop shall be as shown in figure 2. Where a type of connector makes it necessary for the main conductor to be cut, that part of the connector which acts as a through connector, shall also be tested as for through connectors.

## 6.2 *Measurements*

### 6.2.1 *Electrical resistance measurements*

Measurements of electrical resistance shall be made at stages throughout the test as specified in 6.3.

These measurements of resistance shall be made under steady temperature conditions of 15 °C to 30 °C.

The reference method is to pass a direct current of up to 10 % of the heat cycling current, through the connectors and the reference conductor, and to measure the potential difference between specific potential points. The ratio of potential difference/direct current is then the resistance between those points.

For branch conductors assembled in accordance with figure 2, the whole of the measuring current shall flow through that part of the connector whose potential difference is being measured. Switches or disconnect points may be provided for this purpose. Thermo-electric emfs can affect the accuracy of low resistance measurements (of the order of 10  $\mu\Omega$ ). If this is suspected, two resistance measurements shall be taken with the direct measuring current reversed between readings. The mean of the two readings is then the actual resistance of the sample.

The potential points shall be as indicated in figure 3, and annex B, and the various lengths shown shall also be measured to enable the actual connector resistances to be determined. The temperature of connector and reference conductor shall be recorded when resistance measurements are made and the latter shall be corrected to 20 °C. Information on the reference method is also given in annex B. Temperature measurements at these locations shall be made during the heat cycling test.

The total precision of measurement shall be better than  $\pm 1,5$  %, as calculated according to annex C.

### 6.2.2 *Temperature measurements*

Measurements of the temperature shall be made at stages throughout the test, as specified in 6.3.

The temperature of connectors and reference conductor shall be measured at the points indicated in figure 3. Reference temperature measurement method is to use thermocouples. The total accuracy of temperature measurements shall be  $\pm 1$  °C or better.

### 6.3 Essai de cycle thermique

L'essai de cycle thermique doit être réalisé à fréquence industrielle.

#### 6.3.1 Premier cycle thermique

L'objet du premier cycle thermique est de déterminer la température du conducteur de référence à utiliser pour les cycles suivants.

##### a) Connecteurs de jonction et cosses d'extrémité

On applique à la boucle un courant portant le conducteur de référence à 120 °C à l'équilibre.

Le point d'équilibre est atteint lorsque la température du conducteur de référence et des connecteurs ne varie pas de plus de  $\pm 2$  °C durant 15 min. Si la température du connecteur médian (voir 3.12) est alors égale ou supérieure à 100 °C, on doit considérer que la température du conducteur de référence, lors des cycles thermiques suivants, est de 120 °C. Dans le cas contraire, le courant est alors augmenté jusqu'à ce que la température du connecteur médian atteigne 100 °C à l'équilibre, à condition que la température du conducteur de référence n'excède pas 140 °C. Si le connecteur médian n'atteint pas 100 °C même lorsque le conducteur de référence est à 140 °C, l'essai doit être poursuivi à ce niveau. La température mesurée sur le conducteur de référence  $\Theta_R$  doit alors être utilisée pour les cycles thermiques suivants ( $120$  °C  $\leq \Theta_R \leq 140$  °C). Le courant d'équilibre  $I_N$  doit être consigné dans le rapport d'essai.

NOTE - Lorsqu'on utilise des barres de liaison pour les cosses d'extrémité, il convient également de mesurer la température au point milieu de la barre reliant les plages pour garantir qu'elle est bien similaire à celle du conducteur de référence  $\Theta_R$ , avec une tolérance de  $\pm 5$  °C.

##### b) Connecteurs de dérivation

Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser la boucle d'essai décrite à la figure 2, on doit faire passer le courant dans la boucle portant le conducteur principal de référence et les trois conducteurs dérivés de référence à 120 °C à l'équilibre. Pour cela, on doit ajuster les courants dans les trois dérivations par injection de courant ou par adaptation d'impédance. Si la température du connecteur médian (voir 3.12) est alors égale ou supérieure à 100 °C, on doit considérer que la température des conducteurs de référence, lors des cycles thermiques suivants, est de 120 °C. Dans le cas contraire, le courant doit alors être augmenté jusqu'à ce que la température du connecteur médian atteigne 100 °C à l'équilibre, à condition que la température des conducteurs de référence n'excède pas 140 °C. A ce stade, et aussi à intervalles durant l'essai, il peut être nécessaire d'ajuster le courant dans un circuit dérivé pour s'assurer que la température y est bien analogue à celle du conducteur principal de référence. La température mesurée sur le conducteur principal de référence  $\Theta_R$  doit alors être utilisée pour les cycles thermiques suivants ( $120$  °C  $\leq \Theta_R \leq 140$  °C). Le courant d'équilibre  $I_N$  doit être consigné dans le rapport d'essai.

#### 6.3.2 Deuxième cycle thermique

Le but de ce second cycle thermique est de définir la durée du cycle thermique qui sera ensuite utilisée sur la boucle d'essai pour les cycles thermiques suivants. On fait passer le courant dans la boucle jusqu'à ce que la température du conducteur principal de référence atteigne la valeur  $\Theta_R$  déterminée en 6.3.1, avec une tolérance de +6 °C et que la température du connecteur médian reste stable à 2 °C près sur une période de 10 min. La courbe de chauffage température ( $\Theta_R$ ) - temps ( $t_1$ ) ainsi déterminée doit être enregistrée et doit être utilisée pour les cycles suivants.

### 6.3 Heat cycle test

The heat cycling test shall be made at power frequency.

#### 6.3.1 First heat cycle

The object of the first heat cycle is to determine the reference conductor temperature to be used for subsequent cycles.

##### a) Through connectors and terminal lugs

Current is circulated in the test loop, bringing the reference conductor to 120 °C at equilibrium.

Equilibrium is when both the reference conductor and the connectors do not vary in temperature by more than  $\pm 2$  °C for 15 min. If the median connector (see 3.12) is then equal to or is greater in temperature than 100 °C, the reference conductor temperature for subsequent heat cycles shall be deemed to be 120 °C. If not, then the current is increased until the median connector temperature reaches 100 °C at equilibrium, subject to the reference conductor temperature not exceeding 140 °C. If the median connector does not reach 100 °C, even with a reference conductor temperature of 140 °C, the test shall be continued at that level. The measured reference conductor temperature  $\Theta_R$  shall then be used for subsequent heat cycles ( $120$  °C  $\leq \Theta_R \leq 140$  °C). The equilibrium current  $I_N$  shall be recorded in the test report.

NOTE - Where linking bars are used for terminal lugs, the temperature at the midpoint of the bar linking the palms should also be measured. This temperature should be equal to the temperature of the reference conductor  $\Theta_R$ , with a tolerance of  $\pm 5$  °C.

##### b) Branch connectors

Where it is necessary to use the circuit shown in figure 2, current shall be circulated in the test loop, bringing the main reference conductor and the three branch reference conductors to 120 °C at equilibrium. To achieve this, the currents in the three branches shall be adjusted by current injection or impedance control. If the median connector temperature (see 3.12) is then equal to or greater than 100 °C, the reference conductor temperature for subsequent heat cycles shall be deemed to be 120 °C. If not, then the current shall be increased in the loop until the median connector temperature reaches 100 °C at equilibrium, provided the reference conductors do not exceed 140 °C. It may be necessary at this stage, and also at intervals throughout the test, to adjust the current in an individual branch so as to ensure that each branch reference temperature is the same as the main reference temperature. The measured reference conductor temperature  $\Theta_R$  on the main, shall then be used for subsequent heat cycles ( $120$  °C  $\leq \Theta_R \leq 140$  °C). The equilibrium current in the main,  $I_N$ , shall be recorded in the test report.

#### 6.3.2 Second heat cycle

The object of this second heat cycle is to determine the heat cycle duration which will be used on the test loop for all subsequent heat cycles. Current is circulated in the loop until the main reference conductor temperature reaches the value  $\Theta_R$  determined in 6.3.1, with a tolerance of +6 °C and the median connector temperature is stable within 2 °C over a 10 min period. The temperature ( $\Theta_R$ ) – time ( $t_1$ ) heating profile determined in this way shall be recorded and used for all subsequent cycles.

Il est possible d'utiliser un courant d'intensité plus élevée durant la période initiale du cycle thermique afin de réduire le temps de chauffage. La durée du passage de ce courant plus élevé doit être conforme aux indications du tableau 1.

Ensuite le courant doit être régulé autour de  $I_N$  pour garantir le maintien de conditions stables durant la période de 10 min de contrôle du connecteur médian.

Tableau 1 – Temps minimal de chauffage accéléré

Section nominale du conducteur	mm <sup>2</sup>	Al 16-50 Cu 10-35	>50-150 >35- 95	>150-630 > 95-400	>630 >400
Temps	min	5	10	15	20

Après la période  $t_1$  suit la période  $t_2$  de refroidissement pour amener la température de tous les connecteurs et du conducteur de référence à une valeur  $\leq 35$  °C.

Il peut être nécessaire pour les cycles suivants d'ajuster  $t_2$  pour s'assurer que les conditions de température sont atteintes.

Si un dispositif de refroidissement accéléré est utilisé, il doit agir sur la totalité de la boucle et utiliser de l'air dont la température est comprise dans les limites de celles de la température ambiante.

La période totale  $t_1 + t_2$  constitue un cycle thermique (voir figure 4).

### 6.3.3 Cycles thermiques suivants

Un total de 1 000 cycles (définis en 6.3.2) doit être effectué. Aux cycles indiqués ci-dessous on doit mesurer, conformément à 6.2, la résistance à froid et la température de chaque connecteur et du ou des conducteur(s) de référence. On doit mesurer également la température maximale de chaque connecteur durant le cycle précédent ou suivant immédiatement les mesures de résistance.

Les mesures doivent être effectuées aux cycles suivants:

Classe A	Classe B
0	0
200, avant court-circuit	250
200, après court-circuit	Puis tous les 75 cycles (au total 12 mesures)
250	
Puis tous les 75 cycles (au total 14 mesures)	

Une tolérance de  $\pm 10$  cycles peut être appliquée pour les 12 dernières mesures.

A higher current may be used for an initial period in the heating cycle to reduce the heating time. The duration of this higher current shall be as given in table 1.

Thereafter, the current shall be regulated close to  $I_N$  to ensure that stable conditions are maintained during the 10 min median-connector control period.

Table 1 – Minimum accelerated heating time

Nominal conductor cross-section area	mm <sup>2</sup>	Al 16–50 Cu 10–35	>50–150 >35– 95	>150–630 > 95–400	>630 >400
Time	min	5	10	15	20

After the period  $t_1$ , follows a period  $t_2$  of cooling to bring the temperature of all connectors and the reference conductor to a value  $\leq 35$  °C.

It may be necessary in subsequent heat cycles to adjust  $t_2$ , to ensure that the temperature conditions are reached.

If accelerated cooling is used, it shall act on the whole of the loop, and use air within ambient temperature limits.

The total period  $t_1 + t_2$  constitutes a heat cycle (see figure 4).

### 6.3.3 Subsequent heat cycles

A total of 1 000 heat cycles (defined in 6.3.2) shall be made. At the cycles indicated below the cold resistance and temperature of each connector and reference conductor/ conductors shall be recorded as indicated in 6.2. The maximum temperature of each connector during the cycle just prior to or following the resistance measurements shall also be recorded.

Measurement shall be made at the following cycles:

Class A	Class B
0	0
200, before short circuit	250
200, after short circuit	Then every 75 cycles (in total 12 measurements)
250	
Then every 75 cycles (in total 14 measurements)	

A tolerance of  $\pm 10$  cycles may be used for the last 12 measurements.

#### 6.3.4 Essais de court-circuit (pour les connecteurs de classe A uniquement)

Six courts-circuits sont appliqués après le 200<sup>e</sup> cycle thermique.

L'intensité du courant de court-circuit doit être telle que la température du conducteur de référence soit portée entre 250 °C et 270 °C, à partir d'une température  $\leq 35$  °C, en un temps suffisamment court pour que le court-circuit soit considéré comme adiabatique.

La durée du courant de court-circuit doit être de 1 s. Si le courant de court-circuit excède 25 kA, on peut appliquer une durée supérieure à 1 s, sans toutefois dépasser 5 s. La durée de ce courant doit être notée.

Après chaque court-circuit, la boucle d'essai doit revenir à une température  $\leq 35$  °C.

Comme indiqué en 6.1, la boucle d'essai peut être démontée pour ces essais. Comme l'essai de court-circuit vise seulement à reproduire les effets thermiques de courants élevés, la méthode de référence consiste à utiliser un conducteur de retour concentrique afin de réduire les efforts électrodynamiques. Lorsque les essais doivent reproduire des contraintes telles que celles qui se produisent sur des cosses d'extrémité fixées sur des équipements terminaux, le dispositif mécanique de la boucle d'essai doit faire l'objet d'un accord entre les parties. Le dispositif d'essai doit être noté.

NOTE - Pour des applications spéciales, on peut adopter d'autres conditions de court-circuit. Pour les connecteurs de dérivation, le conducteur de référence est celui du dérivé.

On peut calculer le courant de court-circuit conformément à la publication CEI 724, article 3, et on peut le déterminer selon les indications de l'annexe D de cette norme.

#### 6.4 Evaluation des résultats

Le calcul d'un facteur  $k$  de résistance propre à chaque connecteur fournit une méthode commune d'évaluation des connecteurs pour toute la gamme de sections d'âme applicables à cette norme. On calcule alors les paramètres énumérés ci-dessous (voir annexe E).

- a) Le facteur  $k$  de résistance du connecteur doit être calculé conformément à l'annexe E, article E.2 pour chacun des six connecteurs à tous les intervalles de mesures indiqués en 6.3.3.
- b) On doit déterminer, selon l'annexe E, article E.3, la dispersion initiale  $\delta$  entre les six valeurs initiales de  $k$  mesurées avant l'application des cycles thermiques.
- c) On doit déterminer, selon l'annexe E, article E.4, la dispersion moyenne  $\beta$  entre les six valeurs de  $k$  dont la moyenne est établie sur les 11 derniers intervalles de mesure.
- d) La variation du facteur de résistance  $D$  pour chacun des six connecteurs doit être calculée selon l'annexe E, article E.5.  $D$  est la variation de valeur de  $k$  obtenue pour les 11 derniers intervalles de mesure, calculée en fraction de la valeur moyenne de  $k$  dans cet intervalle. Des méthodes statistiques sont utilisées pour le calcul de  $D$ .
- e) Le rapport du facteur de résistance  $\lambda$  doit être déterminé selon l'annexe E, article E.6.
- f) La température maximale  $\Theta_{\max}$  sur chaque connecteur doit être enregistrée selon l'annexe E, article E.7.

#### 6.3.4 Short-circuit tests (for Class A connectors only)

Six short circuits are applied after the 200th heat cycle.

The short-circuit current level shall be such that it raises the reference conductors from a temperature of  $\leq 35$  °C to a temperature between 250 °C and 270 °C in a sufficiently short time for the short circuit to be regarded as adiabatic.

The duration of the short-circuit current shall be 1 s. If the required short-circuit current exceeds 25 kA, a longer duration  $\leq 5$  s may be used. The duration of this current shall be stated.

After each short circuit, the test loop shall be cooled to a temperature  $\leq 35$  °C.

As stated in 6.1, the test loop may be dismantled for these tests. Since the short-circuit test is intended to reproduce the thermal effects of high currents only, the reference method is to use a concentric return conductor in order to reduce the electro-dynamic forces. Where it is required that the tests are to reproduce forces such as occur on terminal lugs bolted to terminal plant, then the mechanical arrangement of the test loop shall be agreed between the parties. The test arrangements shall be recorded.

NOTE - For special applications, other short-circuit conditions may be adopted. For branch connectors, the reference conductor is that associated with the branch.

The short-circuit current can be calculated according to IEC 724, clause 3, and can be determined in accordance to annex D of this standard.

#### 6.4 Assessment of results

An individual connector resistance factor  $k$  enables a common method of connector assessment to be made over the range of conductor sizes applicable to this standard. The parameters listed below are calculated (see annex E).

- a) The connector resistance factor  $k$  shall be calculated according to annex E, clause E.2, for each of the six connectors at all the measurement intervals listed in 6.3.3.
- b) The initial scatter  $\delta$ , between the six initial values of  $k$  measured prior to heat cycling, shall be calculated according to annex E, clause E.3.
- c) The mean scatter  $\beta$ , between the six values of  $k$  averaged over the last 11 measurement intervals, shall be calculated according to annex E, clause E.4.
- d) The change in resistance factor  $D$  for each of the six connectors shall be calculated according to annex E, clause E.5.  $D$  is the change in the value of  $k$  taken over the last 11 measurement intervals calculated as a fraction of the mean value of  $k$  in this interval. Statistical methods are used in the calculation of  $D$ .
- e) The resistance factor ratio  $\lambda$  shall be calculated according to annex E, clause E.6.
- f) The maximum temperature  $\Theta_{\max}$  on each connector shall be recorded according to annex E, clause E.7.

### 6.5 Prescriptions

Les six connecteurs doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le tableau 2. Si une ou plusieurs des valeurs limites sont dépassées par un des six connecteurs, un contre-essai est autorisé. Dans ce cas, les six nouveaux échantillons doivent être conformes aux prescriptions.

Si une ou plusieurs valeurs limites sont dépassées par plus d'un connecteur parmi les six, aucun contre-essai n'est admis et le type de connecteur n'est pas conforme à cette norme.

Tableau 2 – Prescriptions de l'essai électrique

Paramètre		Valeur maximale	
Désignation	Référence du texte	Raccordement par sertissage	Raccordement par serrage mécanique
Dispersion initiale $\delta$	E.3	0,15	0,3
Dispersion moyenne $\beta$	E.4	0,15	0,3
Variation du facteur de résistance D	E.5	0,15	0,15
Rapport du facteur de résistance $\lambda$	E.6	1,5	1,5
Température maximale $\Theta_{max}$	E.7	$\Theta_{ref}$	$\Theta_{ref}$

NOTE - La plupart des valeurs du tableau 2 sont basées sur l'expérience. Le rapport du facteur de résistance  $\lambda$  est estimé.

Les différentes prescriptions pour les raccords par sertissage et les raccords par serrage mécanique ont trait principalement aux différences de longueurs types ( $l_j$  à la figure 3) et ne traduisent pas directement la qualité du raccordement.

Dans le cas où des raccords par sertissage et par serrage mécanique sont situés à la fois sur un même connecteur en des endroits différents, les prescriptions sont à appliquer respectivement à chacun des raccords.

## 7 Essais mécaniques

Ces essais ont pour but de s'assurer de la bonne tenue mécanique des connecteurs sur les âmes des câbles d'énergie.

### 7.1 Méthode

L'essai est effectué sur trois connecteurs différents de ceux utilisés pour les essais électriques. Les connecteurs sont montés comme dans l'essai électrique de 6.1. Les longueurs d'âme entre connecteurs ou entre le connecteur et les mâchoires de la machine de traction doivent être  $\geq 500$  mm. La vitesse d'augmentation de la force doit être au plus égale à 10 N/mm<sup>2</sup> de la section de l'âme par seconde.

## 6.5 Requirements

The six connectors shall satisfy the requirements shown in table 2. If one connector out of the six does not satisfy one or more of the requirements, a re-test may be done. In this event, all six new connectors shall satisfy the requirements.

If more than one connector out of the six does not satisfy one or more of the requirements, no re-test is permitted and the type of connector does not conform to this standard.

Table 2 – Electrical test requirements

Parameter		Maximum value	
Designation	Text reference	Compression jointing connectors	Mechanical jointing connectors
Initial scatter $\delta$	E.3	0,15	0,3
Mean scatter $\beta$	E.4	0,15	0,3
Change in resistance factor D	E.5	0,15	0,15
Resistance factor ratio $\lambda$	E.6	1,5	1,5
Maximum temperature $\Theta_{\max}$	E.7	$\Theta_{\text{ref}}$	$\Theta_{\text{ref}}$

NOTE - Most of the values given in table 2 are based on experience. The resistance ratio factor  $\lambda$  is estimated.

The different requirements for connectors for compression and mechanical jointing are mainly related to differences in typical lengths ( $l_j$  in figure 3) and do not directly reflect quality of connection.

In case both compression and mechanical jointing are used in different parts of the same connector, the relevant requirements shall be used for each part.

## 7 Mechanical tests

The purpose of this is to ensure an acceptable mechanical strength for the connections on to power cables.

### 7.1 Method

The test is made on three connectors different from those used for the electrical test. The connectors are fitted as for the electrical test of 6.1. The conductor lengths, between connectors or between connector and tensile test machine jaws, shall be  $\geq 500$  mm. The rate of application of the load shall not exceed 10 N/mm<sup>2</sup> of cross-section per second.

7.2 Prescriptions

Tableau 3 – Prescriptions de l'essai mécanique

Matériau de l'âme	Effort de traction pendant une minute N
Aluminium Cuivre	40 x A; maximum 20 000 60 x A; maximum 20 000 (A = Section nominale de l'âme, mm <sup>2</sup> )
<p>NOTE</p> <p>1 Aucun glissement ne doit se produire durant l'essai de traction.</p> <p>2 Si le connecteur a subi l'essai électrique avec des âmes de sections différentes, les divers raccords doivent être essayés individuellement, selon les prescriptions ci-dessus.</p>	

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61238-1:1993  
 Withdrawn

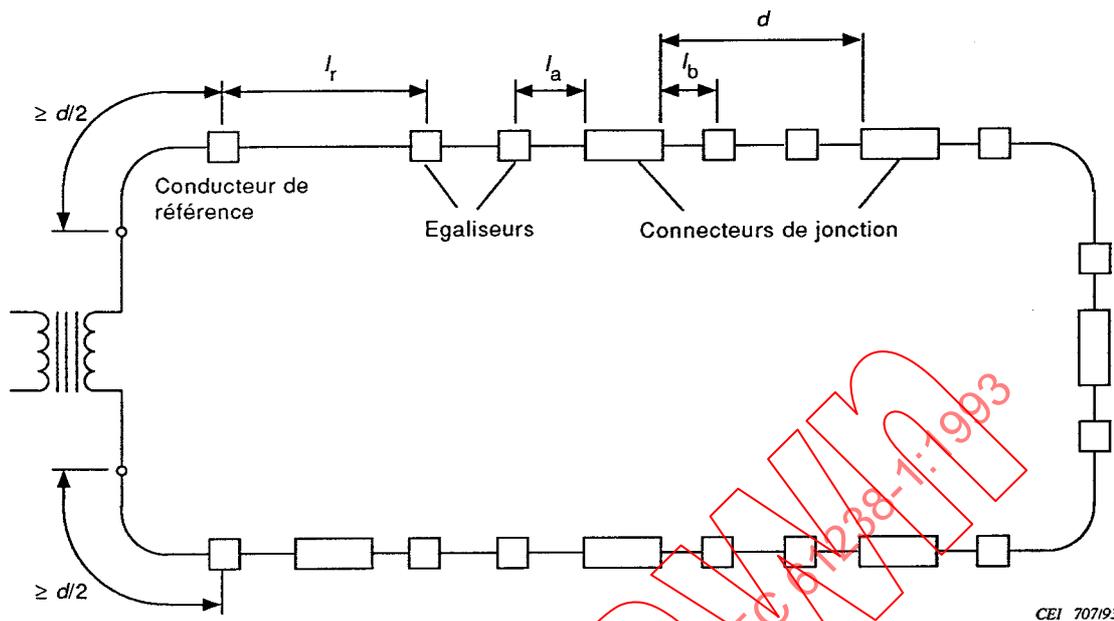
## 7.2 Requirements

Table 3 – Mechanical test requirements

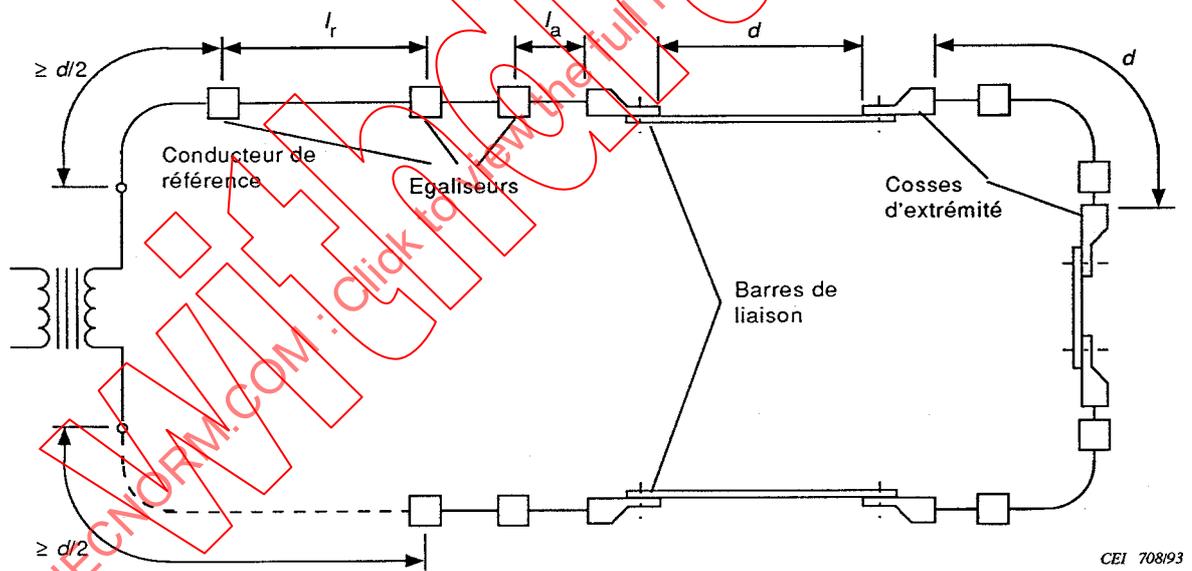
Conductor material	Tensile force during one minute N
Aluminium Copper	40 x A; maximum 20 000 60 x A; maximum 20 000 (A = nominal conductor cross-section area mm <sup>2</sup> )
<b>NOTE</b> 1 No slipping shall occur during tensile test. 2 In case the connector is electrically tested for conductors with different cross-sectional area, the different joints shall be tested individually to the above requirements.	

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61238-1:1993

Withdrawing



a) Connecteurs de jonction



b) Cosses d'extrémité

$$d \geq 80 \sqrt{A} \text{ ou } 500 \text{ mm, la plus grande des deux valeurs}$$

où

A est la section de l'âme correspondante en mm<sup>2</sup>;

$l_r \geq d$ ;

$l_a, l_b = 15 \sqrt{A} \text{ ou } 150 \text{ mm, la plus grande des deux valeurs.}$

Figure 1 – Principaux circuits d'essai pour connecteurs de jonction et cosses d'extrémité

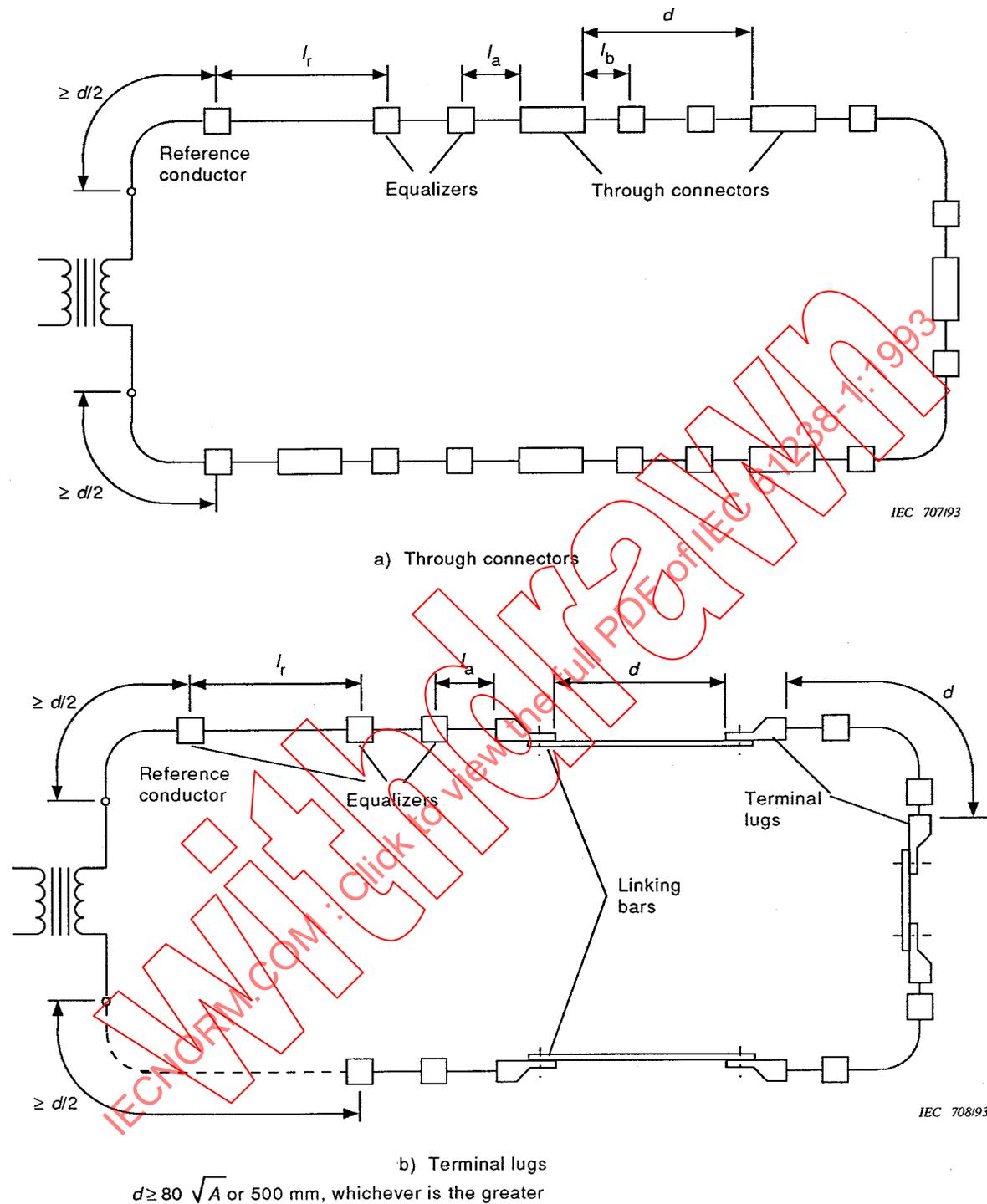
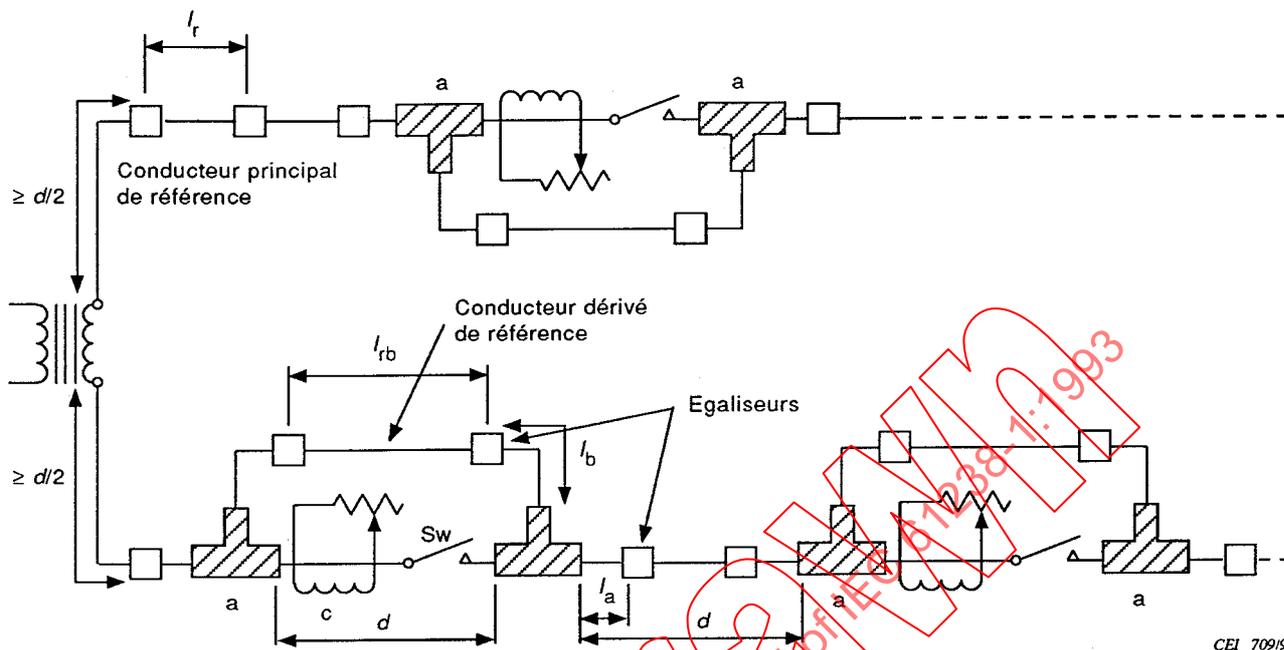


Figure 1 – Principal test circuit layouts for through connectors and terminal lugs

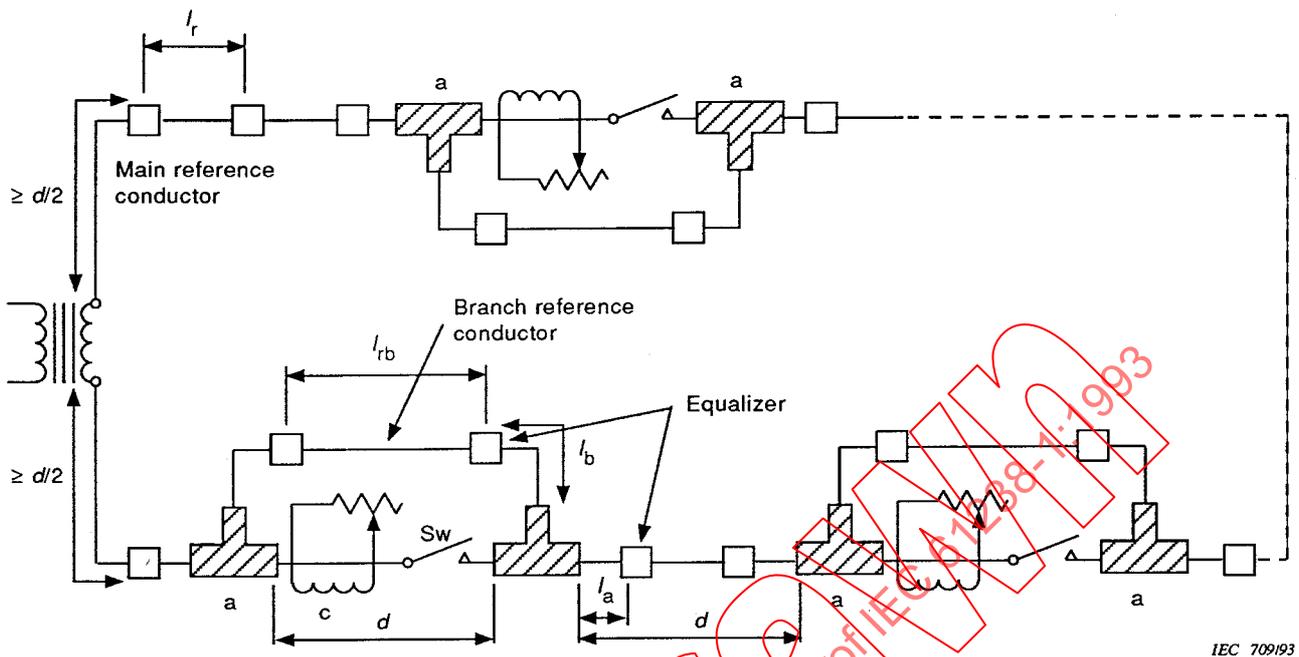


CEI 709/93

a est le connecteur de dérivation;  
 c est la commande du courant;  
 Sw est l'interrupteur (pour la mesure de la résistance du dérivé);  
 $d \geq 80 \sqrt{A}$  ou 500 mm, la plus grande des deux valeurs;

où  
 A est la section de l'âme du conducteur principal, en mm<sup>2</sup>;  
 $l_r, l_{rb} \geq d$ ;  
 $l_a, l_b = 15 \sqrt{A}$  ou 150 mm, la plus grande des deux valeurs.

Figure 2 - Circuit d'essai pour les connecteurs de dérivation



IEC 709193

- a is the branch connector;  
 c is the current control;  
 Sw is the switch (for branch resistance measurement);  
 $d \geq 80 \sqrt{A}$  or 500 mm, whichever is the greater;

where

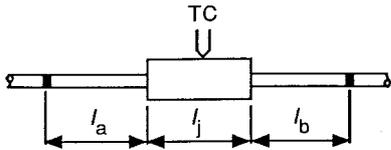
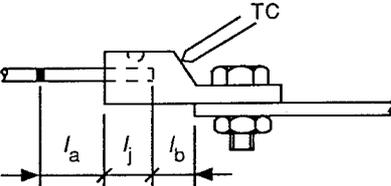
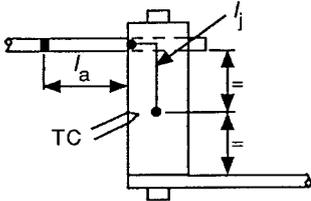
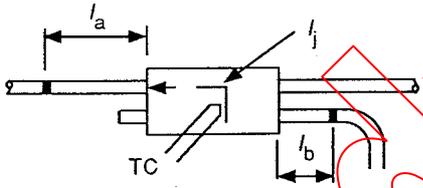
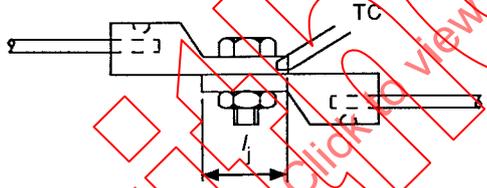
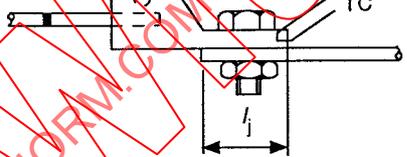
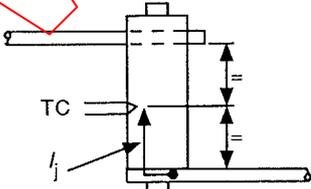
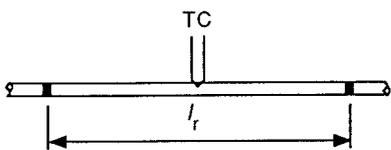
A is the main conductor cross-section, in  $\text{mm}^2$ ;

$l_r, l_{rb} \geq d$ ;

$l_a, l_b = 15 \sqrt{A}$  or 150 mm, whichever is the greater.

Figure 2 – Test circuit for branch connectors

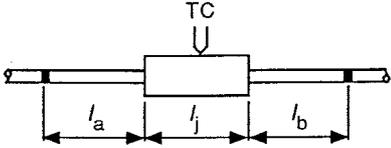
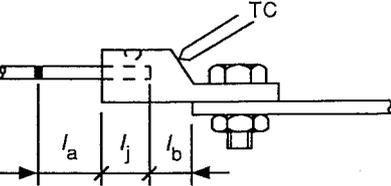
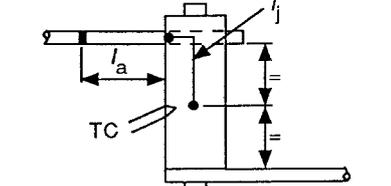
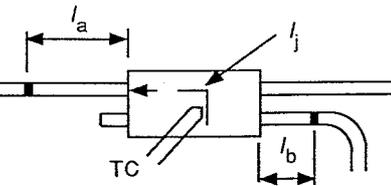
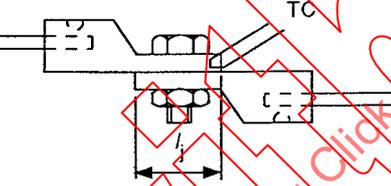
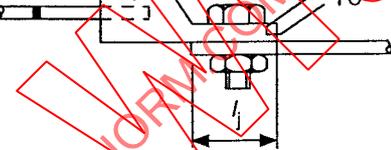
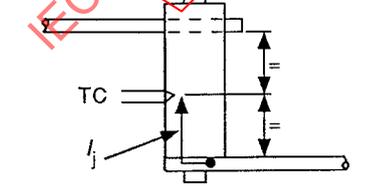
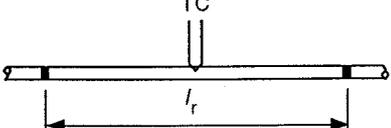
Formules

<p>①</p> 	$R_j = R - R_r \times \frac{(l_a + l_b)}{l_r}$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Référence: conducteur principal</p>
<p>②</p> 	$R_j = R - R_r \times \frac{(l_a + l_b)}{l_r}$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Référence: conducteur principal</p>
<p>③</p> 	$R_j = R - R_r \times \frac{l_a}{l_r}$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Référence: conducteur principal</p>
<p>④</p> 	$R_j = R - \left( \frac{R_r \text{ principal}}{L_r \text{ principal}} \times L_a + \frac{R_r \text{ dérivé}}{L_r \text{ dérivé}} \times L_b \right)$ $k = \frac{R_j}{R_r \text{ dérivé}} \times \frac{R_r \text{ dérivé}}{L_j}$ <p>Référence: { Conducteur Principal et dérivé</p>
<p>⑤</p> 	$R_j = R$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Référence: conducteur principal</p>
<p>⑥</p> 	$R_j = R$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Référence: conducteur principal</p>
<p>⑦</p> 	$R_j = R$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Référence: conducteur principal</p>
<p>⑧</p> 	$R_r = \frac{U_r}{I_r} \times \frac{1}{1 + \alpha \times (\Theta_r - 20)}$

TC = Points de mesure de température

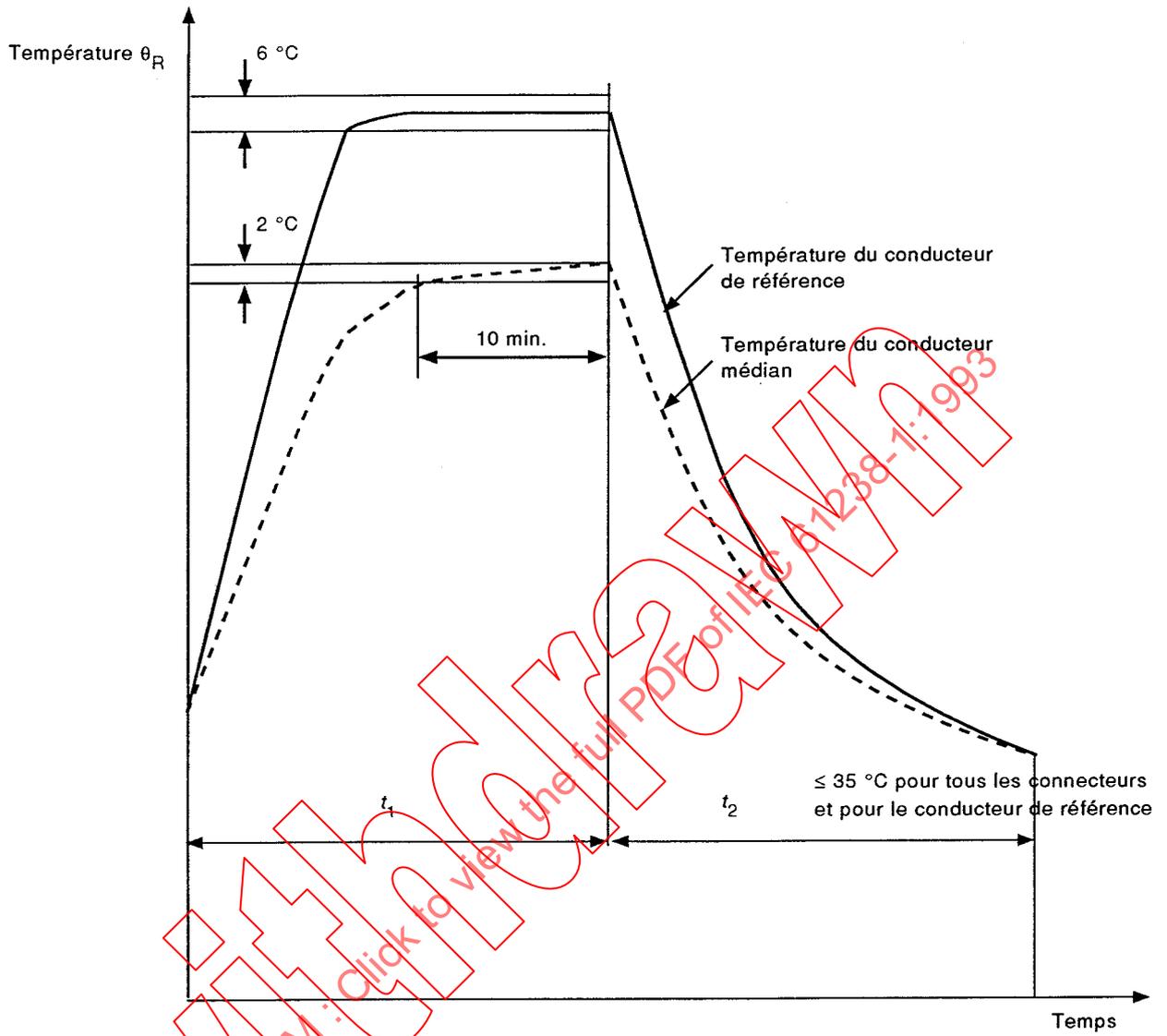
Figure 3 - Cas typiques de mesures de résistance

Formulas

<p>①</p> 	$R_j = R - R_r \times \frac{(l_a + l_b)}{l_r}$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Reference: main conductor</p>
<p>②</p> 	$R_j = R - R_r \times \frac{(l_a + l_b)}{l_r}$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Reference: main conductor</p>
<p>③</p> 	$R_j = R - R_r \times \frac{l_a}{l_r}$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Reference: main conductor</p>
<p>④</p> 	$R_j = R - \left( \frac{R_r \text{ main}}{L_r \text{ main}} \times L_a + \frac{R_r \text{ branch}}{L_r \text{ branch}} \times L_b \right)$ $k = \frac{R_j}{R_r \text{ branch}} \times \frac{R_r \text{ branch}}{L_j}$ <p>Reference: { main and branch conductor</p>
<p>⑤</p> 	$R_j = R$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Reference: main conductor</p>
<p>⑥</p> 	$R_j = R$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Reference: main conductor</p>
<p>⑦</p> 	$R_j = R$ $k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j}$ <p>Reference: main conductor</p>
<p>⑧</p> 	$R_r = \frac{U_r}{l_r} \times \frac{1}{1 + \alpha \times (\Theta_r - 20)}$

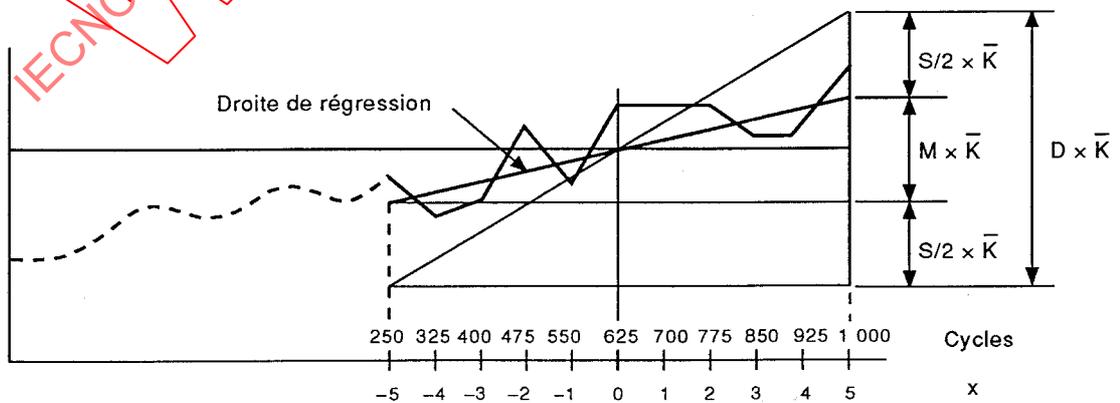
TC = Temperature measurement points

Figure 3 – Typical cases of resistance measurements



CEI 710/93

Figure 4 – Deuxième cycle thermique



CEI 711/93

Figure 5 – Définition pour le calcul

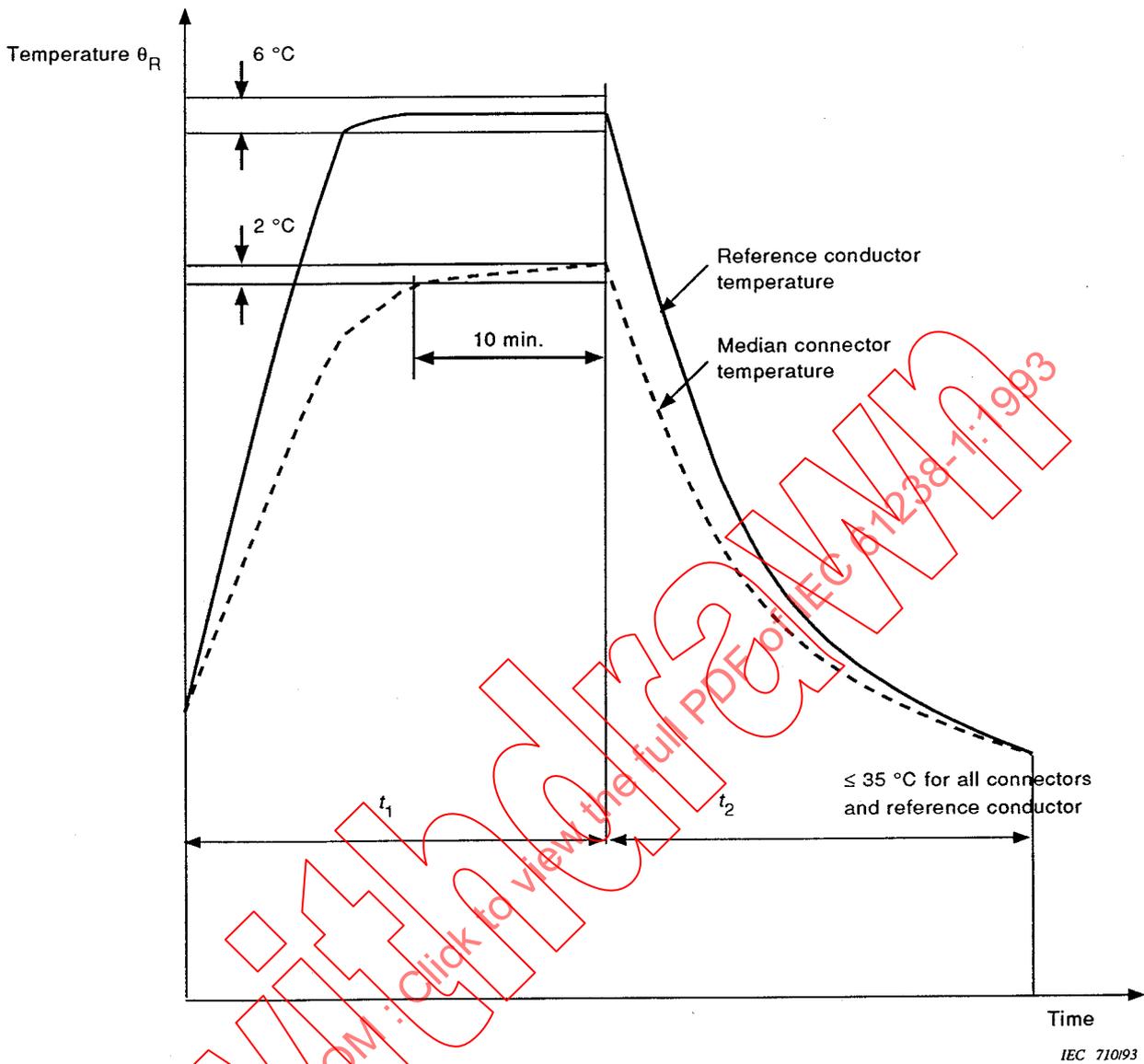


Figure 4 – Second heat cycle

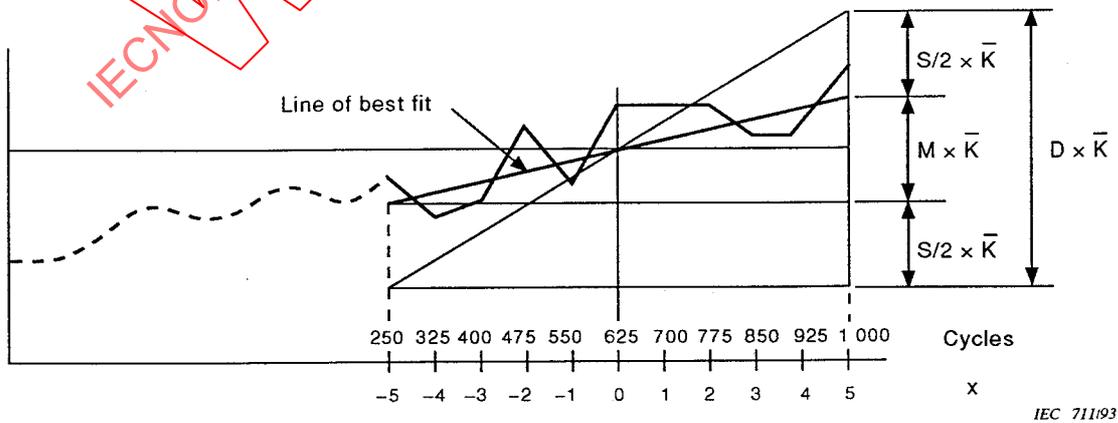
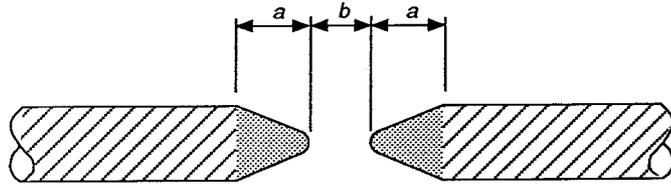
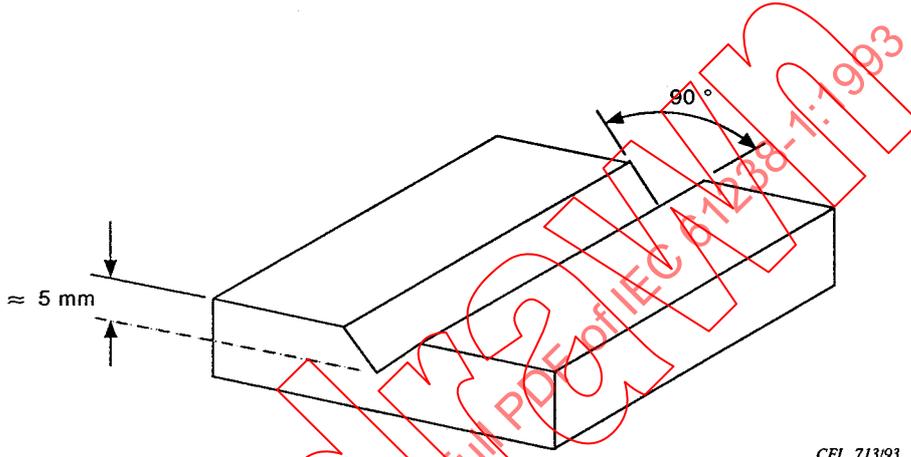


Figure 5 – Definitions for calculation



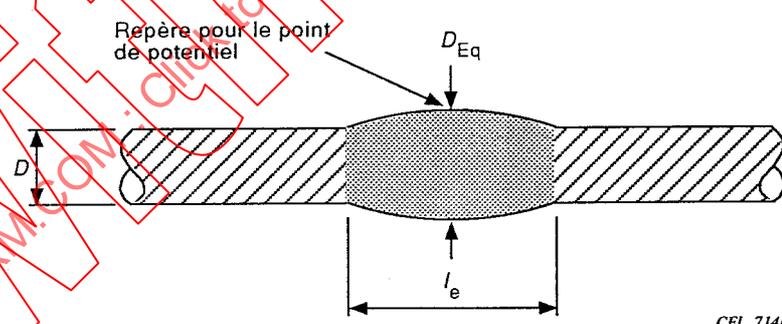
CEI 712/93

a) Extrémités préparées



CEI 713/93

b) Support de soudure

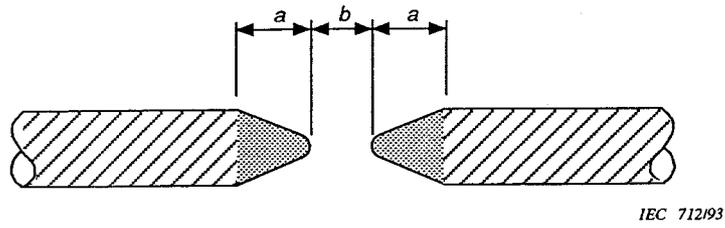


CEI 714/93

- $D \leq D_{Eq} \leq 1,2 D$
- 10-15 mm pour section  $A \leq 95 \text{ mm}^2$
- 15-25 mm pour section  $95 \text{ mm}^2 < A \leq 240 \text{ mm}^2$
- 25-35 mm pour section  $A \leq 240 \text{ mm}^2$

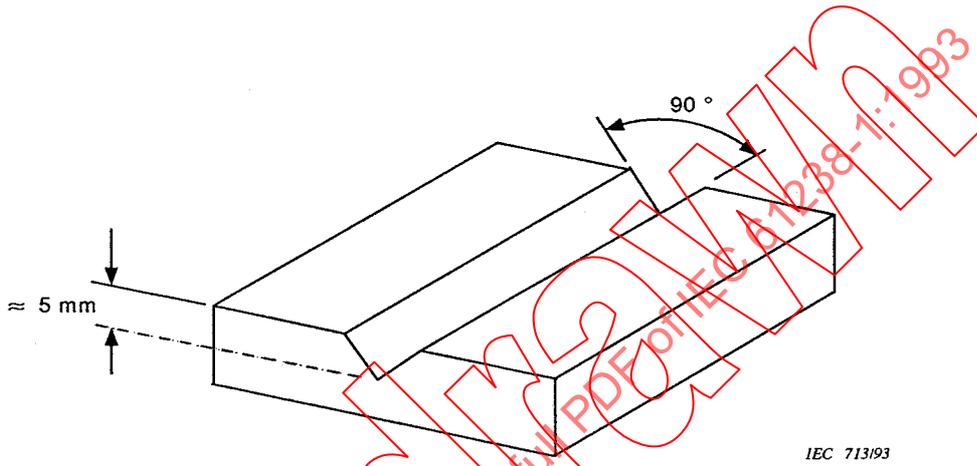
c) Egaliseur soudé

Figure 6 – Préparation des égaliseurs



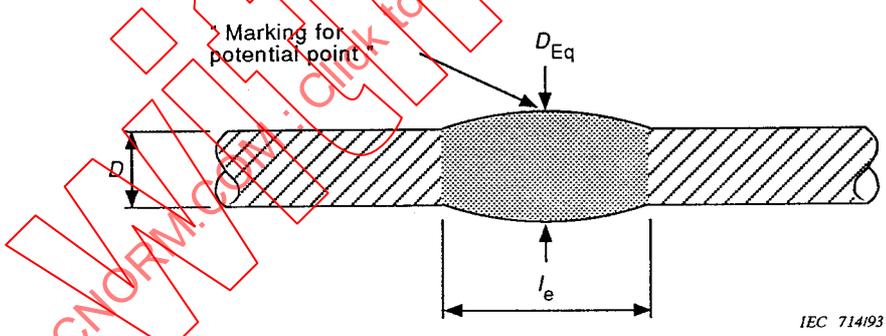
IEC 712/93

a) Ends prepared



IEC 713/93

b) Welding support



IEC 714/93

- $D \leq D_{Eq} \leq 1,2 D$
- 10-15 mm for cross-section  $A \leq 95 \text{ mm}^2$
- 15-25 mm for cross-section  $95 \text{ mm}^2 < A \leq 240 \text{ mm}^2$
- 25-35 mm for cross-section  $A \leq 240 \text{ mm}^2$

c) Welded equalizer

Figure 6 – Making equalizers

## **Annexe A (normative)**

### **Egaliseurs**

Pour les âmes câblées, le potentiel entre les brins aux points de mesure peut engendrer des erreurs sur la mesure de la résistance électrique.

Des égaliseurs soudés peuvent être utilisés pour pallier ce problème et assurer une répartition uniforme du courant dans le conducteur de référence. Les égaliseurs soudés constituent la méthode de référence assurant des mesures fiables.

D'autres méthodes fournissant des résultats comparables peuvent être utilisées.

Les égaliseurs ne doivent pas constituer un refroidisseur et ne doivent pas affecter la température des connecteurs.

#### **A.1 Ames en cuivre**

Equipement particulier:

- Soudure à l'argent
- Support
- Refroidisseurs
- Élément de chauffage

Effectuer une coupe droite des âmes et nettoyer les extrémités. Placer les extrémités sur le support. Souder les extrémités avec une soudure à l'argent en s'assurant que l'âme éloignée des extrémités est suffisamment refroidie pour ne pas être affectée.

#### **A.2 Ames câblées en aluminium (figure 6)**

Equipement particulier:

- Appareillage nécessaire pour soudure TIG (ou MIG)
- Support de soudure
- Baguette de soudure A5 (1 100)

## **Annex A** **(normative)**

### **Equalizers**

For stranded conductors, potential between the strands at measuring points can cause errors in measuring electrical resistance.

Welded equalizers can be used to overcome this problem, and to ensure uniform current distribution in the reference conductor. Welded equalizers is the reference method to ensure reliable measurements.

Other methods can be used provided they give comparable results.

The equalizers shall not constitute a heat sink and shall not affect the temperature of the connectors.

#### **A.1 Copper conductors**

Special equipment:

Silver solder

Support

Cooling plates

Heating equipment

Cut the conductors square and clean the ends. Place the ends in contact in a support. Solder the ends with a silver solder, ensuring that the conductor remote from the ends is kept sufficiently cool not to be affected.

#### **A.2 Stranded aluminium conductors (figure 6)**

Special equipment:

Apparatus for TIG (or MIG) welding

Welding support

Welding rod A5 (1 100)

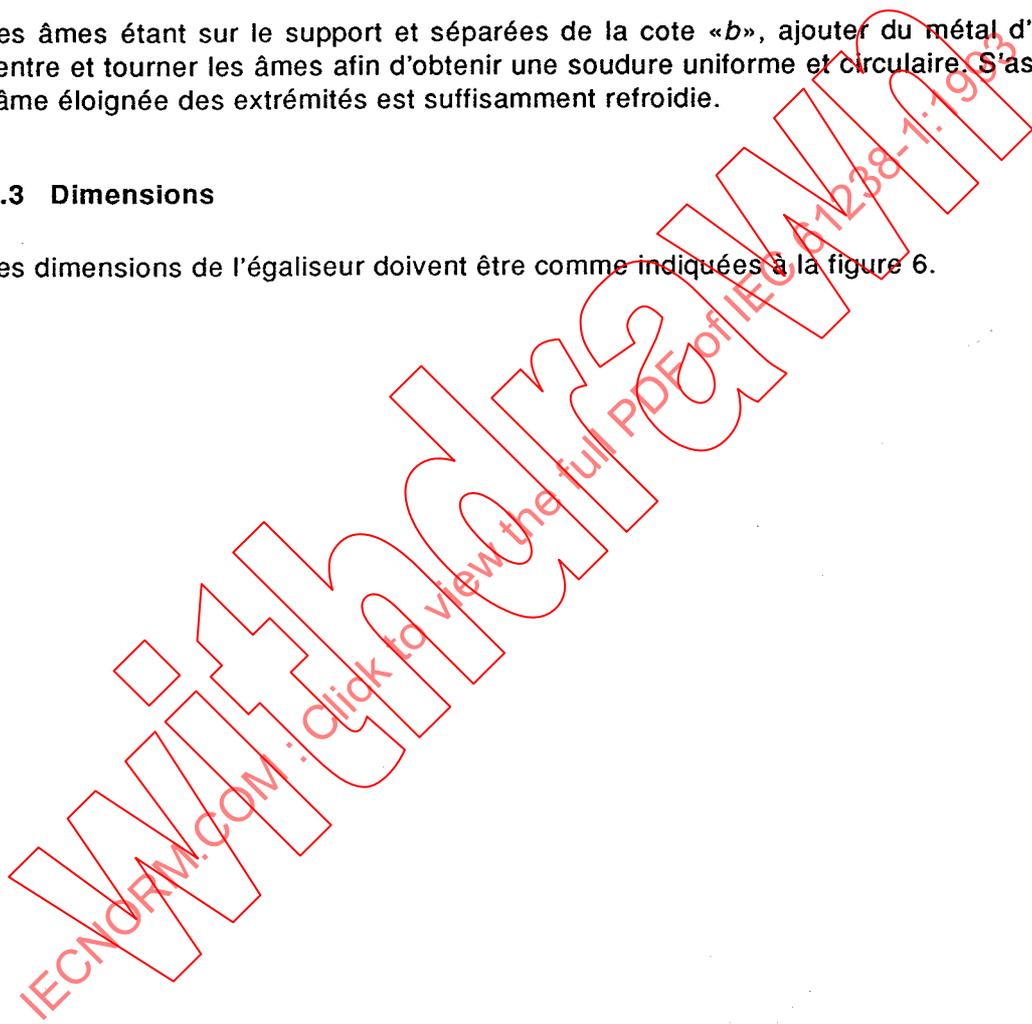
Effectuer une coupe droite des âmes, nettoyer les extrémités et fondre les extrémités à l'aide d'un chalumeau (pour les sections de câble supérieures à 95 mm<sup>2</sup>, fondre d'abord la périphérie puis ajouter au centre du métal d'apport pour parfaire le chanfrein). La longueur du chanfrein «*a*» et l'écartement entre les âmes conductrices «*b*» au moment d'effectuer la soudure finale sont:

Section A	(mm <sup>2</sup> )	A ≤ 95	95 < A ≤ 240	A > 240
<i>a</i>	(mm)	3-5	5-10	7-12
<i>b</i>	(mm)	1-2	2-5	4-6

Les âmes étant sur le support et séparées de la cote «*b*», ajouter du métal d'apport au centre et tourner les âmes afin d'obtenir une soudure uniforme et circulaire. S'assurer que l'âme éloignée des extrémités est suffisamment refroidie.

### A.3 Dimensions

Les dimensions de l'égaliseur doivent être comme indiquées à la figure 6.



Cut the conductors square, clean the ends, and melt them with the welding torch. (For cable sections greater than 95 mm<sup>2</sup>, melt the periphery first and then add weld metal to the centre to complete the camfer.) The length of the camfer "a" and the separation between the conductors for final welding "b" are:

Section A	(mm <sup>2</sup> )	A ≤ 95	95 < A ≤ 240	A > 240
a	(mm)	3-5	5-10	7-12
b	(mm)	1-2	2-5	4-6

With the conductors supported and spaced by dimensions "b", build weld metal up at the centre, and turn the conductors so as to obtain a uniform circular weld profile. Ensure that the conductor remote from the ends is kept sufficiently cool.

### A.3 Dimensions

The dimensions of the equalizer shall be as indicated in figure 6.

## Annexe B (normative)

### Mesures

#### B.1 Points de mesure des potentiels pour connecteurs types

Les points de mesure des potentiels pour la mesure de résistance sont indiqués à la figure 3, cas 1 à 4. Les points de potentiel sur les âmes peuvent être adjacents aux connecteurs, sans toutefois les toucher, sauf si l'on utilise des égaliseurs soudés sur des âmes câblées; dans ce cas, la distance  $l_a$  et la distance  $l_b$  sont approximativement de  $15/\sqrt{A}$  avec un minimum de 150 mm. Le point de potentiel est alors au milieu de l'égaliseur. Bien que cette norme ne prescrive pas d'effectuer des mesures de résistance sur le connecteur boulonné à l'extrémité de l'équipement, il est possible d'inclure ce point dans l'évaluation en effectuant ces mesures soit directement, soit par l'addition de points de potentiel supplémentaires (figure 3, cas 5 à 7).

#### B.2 Mesures de température

Dans le cas de connecteurs (figure 3), le thermocouple peut être introduit dans une petite cavité percée dans le corps principal du connecteur ou fixé à la surface extérieure. Dans ce dernier cas, le thermocouple est protégé des courants d'air par un petit revêtement qui n'altère pas sensiblement la dissipation thermique du connecteur. Dans le cas du conducteur de référence (figure 3), le thermocouple est placé au point milieu et mis à l'abri soit dans une petite cavité percée dans le cas d'une âme massive soit en le faisant glisser sous les brins de la couche externe dans le cas d'une âme câblée.

#### B.3 Résistance du conducteur équivalent

Il est nécessaire de mesurer la résistance d'une longueur donnée du conducteur de référence et sa température (figure 3, cas 8), afin de pouvoir calculer la résistance  $R_j$  réelle du connecteur, en soustrayant la résistance due aux longueurs  $l_a$  et  $l_b$  du conducteur. Les différentes longueurs qui doivent être notées sont indiquées à la figure 3.

Il convient de noter que, dans le cas des connecteurs de dérivation, à la fois la résistance du conducteur de référence principal et celle du conducteur de référence dérivé sont utilisées lors du calcul de la résistance réelle du connecteur (voir figure 3, cas 4).

Bien qu'il soit strictement nécessaire de mesurer seulement une fois la résistance du conducteur de référence, il est préférable de répéter la mesure chaque fois que la résistance du connecteur est mesurée, car cela conduit à une précision plus grande dans la détermination du paramètre  $k$  (voir annexe E).

Il est ainsi possible d'utiliser le conducteur de référence pour correction de température lorsque l'on calcule la valeur de  $k$ . Ceci, à condition que la résistance du conducteur de référence ne change pas durant l'essai et que toutes les températures de toutes les pièces soient les mêmes lorsque sont effectuées les mesures de résistance.

## Annex B (normative)

### Measurements

#### B.1 Potential points for typical connectors

Potential points for the purpose of resistance measurement are shown in figure 3, cases 1 to 4. Potential points on conductors may be located adjacent to, but not touching, the connector, except where welded equalizers are used on stranded conductors, in which case the distances  $l_a$  and  $l_b$  should be approximately  $15/\sqrt{A}$  with a minimum of 150 mm. The potential point is then at the mid-point of the equalizer. Although it is not a requirement of this standard that resistance measurements be made of the bolted connection to terminal equipment, it is possible to include this in the assessment by making such measurements either directly or by the addition of extra potential points (figure 3, cases 5 to 7).

#### B.2 Temperature measurement

In the case of connectors (figure 3), the thermocouple may either be inserted in a small hole drilled into the main body of the connector, or be secured to the outside surface. In the latter case, the thermocouple shall be protected from the effect of draughts by a small covering which does not significantly alter the thermal dissipation of the connector. In the case of the reference conductor (figure 3), the thermocouple shall be positioned at the mid-point and securely located either in a small hole drilled in a solid conductor, or by sliding it under the strands of the outer layer of a stranded conductor.

#### B.3 Equivalent conductor resistance

It is necessary to measure the resistance of a known length of the reference conductor and its temperature (figure 3, case 8), so that the actual joint resistance  $R_j$  may be calculated, by subtracting the resistance due to the conductor lengths  $l_a$  and  $l_b$ . The various lengths which need to be recorded are shown in figure 3.

It should be noted that in the case of branch connectors, resistances of both the main and the branch reference conductors are used when calculating the actual joint resistance (see figure 3, case 4).

Although it is only strictly necessary to measure the resistance of the reference conductor once, it is preferable to repeat the measurement on each occasion that the conductor resistance measurement is made, since this will result in greater accuracy in the determination of the parameter  $k$  (see annex E).

It is thus possible to use the reference conductor for temperature corrections when calculating the  $k$  value, provided that the resistance of the reference conductor does not change during the test and the temperatures of all parts are the same when resistance measurements are being made.

## Annexe C (normative)

### Précision des mesures

Le facteur de résistance du connecteur,  $k$ , à 20 °C est donné par:

$$k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j} \quad \text{voir équation (1) annexe E}$$

en remplaçant  $R_j$  et  $R_r$  comme indiqué à l'annexe E.2.

$$k = \frac{U}{U_r} \times \frac{1 + \alpha (\Theta_r - 20)}{1 + \alpha (\Theta - 20)} \times \frac{l_r}{l} \times \frac{l_r}{l_j} \times \frac{l_a + l_b}{l_j}$$

L'erreur relative  $\Delta k$  sur la valeur de  $k$ , due aux incertitudes sur les grandeurs mesurées avec répétition au cours des campagnes de mesure est:

$$\frac{\Delta k}{k} = \sqrt{2 \left( \frac{\Delta U}{U} \right)^2 + 2 \left( \frac{\Delta I}{I} \right)^2 + 2 \alpha^2 \left( \frac{\Delta \Theta}{\Theta} \right)^2}$$

où

$\Delta U$  est l'incertitude sur la mesure de la chute de potentiel;

$\Delta I$  est l'incertitude sur la mesure du courant continu de mesure;

$\Delta \Theta$  est l'incertitude sur la mesure de la température pendant la mesure de  $U$  et  $I$ .

## Annex C (normative)

### Accuracy of measurement

The connector resistance factor  $k$ , referred to 20 °C, is given by:

$$k = \frac{R_j}{R_r} \times \frac{l_r}{l_j} \quad \text{see equation (1) annex E}$$

Substituting values for  $R_j$  and  $R_r$  as listed in annex E.2.

$$k = \frac{U}{U_r} \times \frac{1 + \alpha (\Theta_r - 20)}{1 + \alpha (\Theta - 20)} \times \frac{l_r}{l} \times \frac{l_r}{l_j} \times \frac{l_a + l_b}{l_j}$$

The fractional error  $\Delta k$  in the value of  $k$ , due to uncertainties in the quantities which are repeatedly measured over the test series is:

$$\frac{\Delta k}{k} = \sqrt{2 \left( \frac{\Delta U}{U} \right)^2 + 2 \left( \frac{\Delta l}{l} \right)^2 + 2 \alpha^2 \left( \frac{\Delta \Theta}{\Theta} \right)^2}$$

where

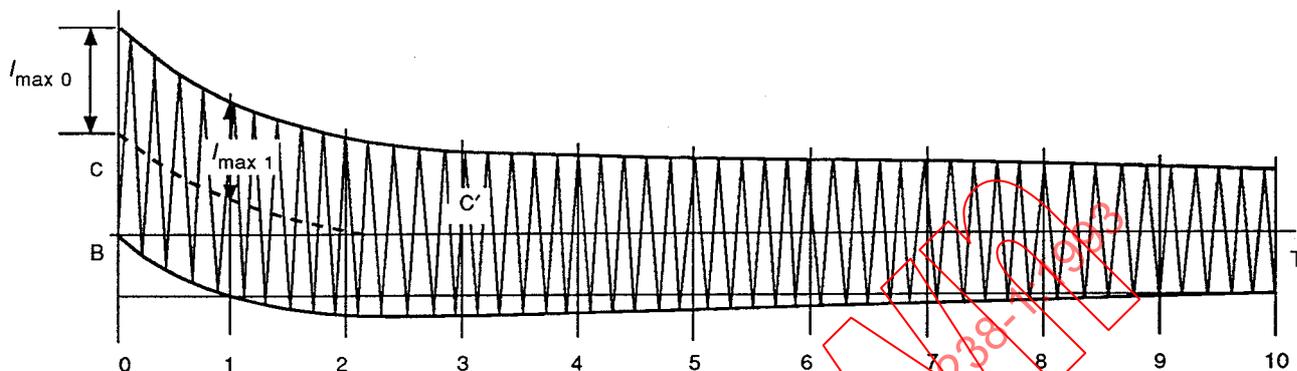
$\Delta U$  is the uncertainty in the measurement of potential difference;

$\Delta l$  is the uncertainty in the measurement of direct measuring current;

$\Delta \Theta$  is the uncertainty in the measurement of temperature during the measurement of  $U$  and  $l$ .

**Annexe D**  
(informative)

**Détermination de la valeur du courant de court-circuit**



CEI 715193

Sur le diagramme donnant le courant en fonction du temps, on divise le temps BT en 10 parties égales et la valeur de la composante alternative du courant est mesurée à la verticale des points 0, 1, 2, ..., 10.

Ces valeurs sont désignées par  $I_{\max 0}$ ,  $I_{\max 1}$ ,  $I_{\max 2}$ , ...,  $I_{\max 10}$ .

Les valeurs efficaces sont alors  $I_i = I_{\max i} / \sqrt{2}$

et  $I_{\max}$  est la valeur crête de la composante alternative du courant à chaque point.

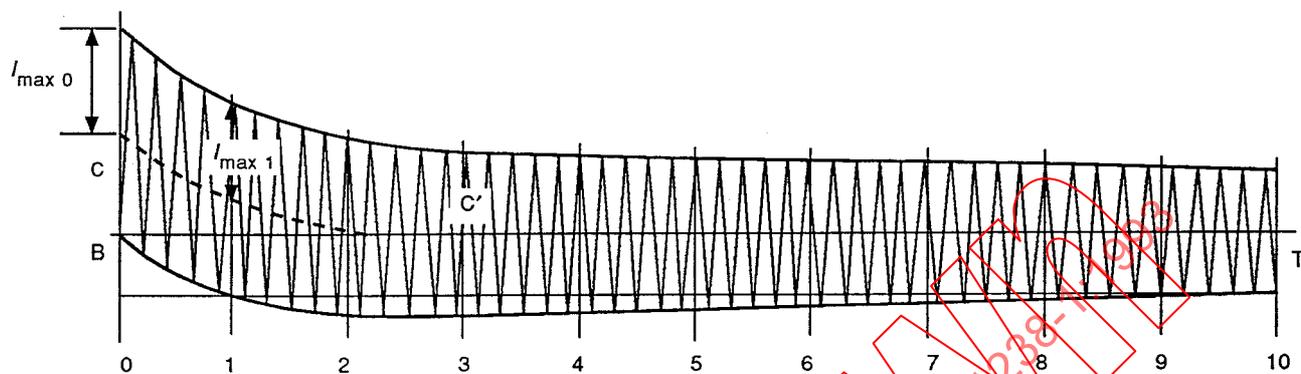
NOTE - La composante du courant continu (CC<sup>1</sup>) est négligée.

La valeur efficace équivalente du courant durant le temps BT est donnée par:

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{30} \left[ I_0^2 + 4(I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2) + 2(I_2^2 + I_4^2 + I_6^2 + I_8^2) + I_{10}^2 \right]}$$

## Annex D (informative)

### Determination of the value of the short-circuit current



IEC 715/93

On the diagram giving the current as a function of time, the total time BT is divided into 10 equal parts and the value of the alternating current component is measured at the verticals at points 0, 1, 2, ..., 10.

These values are designated by  $I_{\max 0}$ ,  $I_{\max 1}$ ,  $I_{\max 2}$ , ...,  $I_{\max 10}$ .

Then, effective values are  $I_i = I_{\max .i} / \sqrt{2}$

and  $I_{\max}$  is the maximum value of the alternating component of the current at each point.

NOTE - The direct current component ( $CC^1$ ) is neglected.

The equivalent r.m.s. current during this time BT is given by:

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{30} \left[ I_0^2 + 4(I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2) + 2(I_2^2 + I_4^2 + I_6^2 + I_8^2) + I_{10}^2 \right]}$$