

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61481

Edition 1.2

2004-06

Edition 1:2001 consolidée par les amendements 1:2002 et 2:2004
Edition 1:2001 consolidated with amendments 1:2002 and 2:2004

**Travaux sous tension –
Comparateurs de phase portatifs
pour utilisation à des tensions
alternatives de 1 kV à 36 kV**

**Live working –
Portable phase comparators for use
on voltages from 1 kV to 36 kV a.c.**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61481:2001+A1:2002+A2:2004

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61481

Edition 1.2

2004-06

Edition 1:2001 consolidée par les amendements 1:2002 et 2:2004
Edition 1:2001 consolidated with amendments 1:2002 and 2:2004

**Travaux sous tension –
Comparateurs de phase portatifs
pour utilisation à des tensions
alternatives de 1 kV à 36 kV**

**Live working –
Portable phase comparators for use
on voltages from 1 kV to 36 kV a.c.**

© IEC 2004 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.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

CQ

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Prescriptions	20
4.1 Prescriptions générales	20
4.2 Prescriptions fonctionnelles	20
4.3 Prescriptions électriques	24
4.4 Prescriptions mécaniques	26
4.5 Marquages	30
5 Essais	30
5.1 Généralités	30
5.2 Essais de fonctionnement	34
5.3 Essais diélectriques	44
5.4 Essais mécaniques	56
6 Plan qualité et essais de réception	64
6.1 Généralités	64
6.2 Enregistrements	64
Annexe A (normative) Chronologie des essais	88
Annexe B (normative) Instructions d'emploi	90
Annexe C (normative) Procédure d'échantillonnage	92
Annexe D (normative) Essai de choc mécanique – Méthode du pendule	96
Annexe E (normative) Symbole pour le marquage	100
Annexe F (informative) Essais de réception	102
Annexe G (informative) Entretien courant	104
Figure 1 – Éléments d'un comparateur de phase	66
Figure 2 – Montage d'essai pour vérification de l'indication indiscutable	68
Figure 3 – Montage d'essai pour l'influence d'un champ magnétique perturbateur	70
Figure 4 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle	72
Figure 5 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore	74
Figure 6 – Montage d'essai pour la résistance à l'amorçage et la protection de contournement	76
Figure 7 – Protection de contournement, essai 1	78
Figure 8 – Disposition pour les essais de protection de contournement des comparateurs de phase de type extérieur	78
Figure 9 – Protection de contournement, essai 2	80
Figure 10 – Protection de contournement, essai 3	80
Figure 11 – Essai pour la force de préhension	82

CONTENTS

FOREWORD	7
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Requirements	21
4.1 General requirements	21
4.2 Functional requirements	21
4.3 Electrical requirements	25
4.4 Mechanical requirements	27
4.5 Markings	31
5 Tests	31
5.1 General	31
5.2 Function tests	35
5.3 Dielectric tests	45
5.4 Mechanical tests	57
6 Quality plan and acceptance tests	65
6.1 General	65
6.2 Records	65
Annex A (normative) Chronology of tests	89
Annex B (normative) Instructions for use	91
Annex C (normative) Sampling procedure	93
Annex D (normative) Mechanical shock test – Pendulum method	97
Annex E (normative) Symbol for marking	101
Annex F (informative) Acceptance tests	103
Annex G (informative) In-service care	105
Figure 1 – Elements of phase comparator	67
Figure 2 – Test set-up for clear indication	69
Figure 3 – Test set-up for the influence of magnetic interference field	71
Figure 4 – Test set-up for clear perceptibility of visual indication	73
Figure 5 – Test set-up for clear perceptibility of audible indication	75
Figure 6 – Test set-up for spark resistance and bridging protection	77
Figure 7 – Bridging protection, test run 1	79
Figure 8 – Test set-up for testing bridging protection of outdoor-type phase comparator	79
Figure 9 – Bridging protection, test run 2	81
Figure 10 – Bridging protection, test run 3	81
Figure 11 – Test for grip force	83

Figure 12 – Montage d'essai pour la solidité des conducteurs et des liaisons	84
Figure 13 – Courbe du cycle d'essai pour la résistance climatique	86
Figure D.1 – Détails du pendule pour l'essai de choc mécanique	98
Figure E.1 – Symbole pour le marquage	100
Tableau 1 – Plages de conditions climatiques	22
Tableau 2 – Longueurs minimales de la marque-limite à l'électrode de contact	28
Tableau 3 – Séquences et conditions d'essais	38
Tableau 4 – Ecartements étroits pour essais de protection de contournement	46
Tableau A.1 – Séquence des essais des comparateurs de phase	88
Tableau C.1 – Classification des défauts	92
Tableau C.2 – Plan d'échantillonnage pour défauts majeurs	94
Tableau C.3 – Plan d'échantillonnage pour défauts mineurs	94
Tableau G.1 – Essais de maintenance	104

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481:2001+AMD1:2002+AMD2:2004 CSV

Figure 12 – Test set-up for the robustness of the leads and connections.....	85
Figure 13 – Curve of test cycle for climatic resistance.....	87
Figure D.1 – Details of pendulum for shock test.....	99
Figure E.1 – Symbol for marking	101
Table 1 – Climatic condition ranges	23
Table 2 – Minimum lengths from the limit mark to the contact electrode.....	29
Table 3 – Test series and conditions	39
Table 4 – Narrow point spacings for testing of protection against bridging.....	47
Table A.1 – Sequence of tests for phase comparators	89
Table C.1 – Classification of defects.....	93
Table C.2 – Sampling plan for major defects	95
Table C.3 – Sampling plan for minor defects	95
Table G.1 – Maintenance tests.....	105

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481:2001+A1:2002+A2:2004 CSV

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – COMPARATEURS DE PHASE PORTATIFS POUR UTILISATION A DES TENSIONS ALTERNATIVES DE 1 kV A 36 kV

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61481 a été établie par le comité d'études 78 de la CEI: Travaux sous tension.

La présente version consolidée de la CEI 61481 comprend la première édition (2001) [documents 78/338/FDIS et 78/358/RVD], son amendement 1 (2002) [documents 78/427/FDIS et 78/453/RVD], son amendement 2 (2004) [documents 78/574/FDIS et 78/581/RVD] et ses corrigenda de novembre 2002 et de juillet 2005.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIVE WORKING –
PORTABLE PHASE COMPARATORS FOR USE
ON VOLTAGES FROM 1 kV TO 36 kV AC**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61481 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This consolidated version of IEC 61481 consists of the first edition (2001) [documents 78/338/FDIS and 78/358/RVD], its amendment 1 (2002) [documents 78/427/FDIS and 78/453/RVD], its amendment 2 (2004) [documents 78/574/FDIS and 78/581/RVD] and its corrigenda of November 2002 and July 2005.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

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

Les annexes F et G sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481:2001+AMD1:2002+AMD2:2004 CSV

Withdrawing

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

Annexes F and G are for information only.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481:2001+A1:2002+A2:2004 CSV

Withdrawn

TRAVAUX SOUS TENSION – COMPARATEURS DE PHASE PORTATIFS POUR UTILISATION À DES TENSIONS ALTERNATIVES DE 1 kV À 36 kV

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable aux comparateurs de phase portatifs avec ou sans alimentation incorporée pour utilisation sur réseaux électriques de tensions alternatives de 1 kV à 36 kV et pour des fréquences comprises entre 50 Hz et 60 Hz.

La présente norme est applicable aux comparateurs de phase bipolaires ayant un conducteur de raccordement, aux comparateurs de phase bipolaires qui fonctionnent avec une connexion sans fil et aux comparateurs de phase unipolaires qui fonctionnent avec un système de mémoire.

La présente norme est applicable aux comparateurs de phase utilisés au contact avec la pièce à essayer, en une seule partie ou en dispositif séparé complet par un perche isolante adaptable couverte par la CEI 60855 ou la CEI 61235.

Quelques restrictions sur leur utilisation sont applicables aux appareillages préassemblés et aux réseaux aériens de voies ferrées électrifiées (voir annexe B).

Les dispositifs qui peuvent être utilisés comme détecteurs de tension et comparateurs de phase ne sont pas couverts par cette norme.

NOTE A l'exception de prescriptions particulières, toutes les tensions définies dans cette norme se réfèrent aux valeurs de tensions entre phases des réseaux triphasés. Il est admis que les comparateurs de phase soient utilisés dans des réseaux autres que les réseaux triphasés, mais il faut que la tension entre phases ou phase/terre applicable soit utilisée pour déterminer la tension de fonctionnement.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050(151):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(601):1985, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050(651):1999, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 651: Travaux sous tension*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

CEI 60068-2-6:1995, *Essais d'environnement – Essais – Essai Fc et guide: Vibrations sinusoïdales*

CEI 60068-2-14:1984, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai N: Variations de température*

LIVE WORKING – PORTABLE PHASE COMPARATORS FOR USE ON VOLTAGES FROM 1 kV TO 36 kV AC

1 Scope

This International Standard is applicable to portable phase comparators with or without a built-in power source to be used on electrical systems for voltages from 1 kV to 36 kV a.c. and frequencies from 50 Hz to 60 Hz.

This standard is applicable to two-pole phase comparators having a connecting lead between them, two-pole phase comparators operating with a wireless connection and single-pole phase comparators operating with a memory system.

This standard is applicable to phase comparators used in contact with the part to be tested, as a single unit or as a separate device completed by an adaptable insulating pole covered in IEC 60855 or IEC 61235.

Some restrictions on their use are applicable in the case of factory-assembled switchgear and on overhead systems of electrified railways (see annex B).

Devices which can be used as voltage detector and phase comparator are not covered by this standard.

NOTE Except when otherwise specified, all the voltages defined in this standard refer to phase-to-phase voltages of three-phase systems. Phase comparators may be used in other than three-phase systems, but the applicable phase-to-phase or phase-to-earth (ground) voltage must be used to determine the operating voltage.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050(151):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(601):1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(651):1999, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 651: Live working*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Tests – Test Fc and guidance: Vibration sinusoidal*

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

CEI 60068-2-32:1975, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ed: Chute libre (Méthode 1)*
Modification 2 (1990)

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: définitions, principes et règles*

CEI 60417-DB:2002¹, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60651:1979, *Sonomètres*

CEI 60855:1985, *Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines pour travaux sous tension*

CEI 61235:1993, *Travaux sous tension – Tubes creux isolants pour travaux électriques*

CEI 61318:1994, *Travaux sous tension – Guide pour les plans d'assurance de la qualité*

ISO 3745:1977, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïque et semi-anéchoïque*

ISO 8402:1994, *Management de la qualité et assurance de la qualité – Vocabulaire*

ISO 9000 (toutes les parties), *Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité*

ISO 9002:1994, *Systèmes qualité – Modèle de l'assurance de la qualité en production, installation et prestations associées*

ISO 9004 (toutes les parties), *Management de la qualité et éléments de système qualité*

CIE 15.2:1986, *Colorimétrie*

3 Définitions

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

3.1

comparateur de phase

dispositif portatif utilisé pour détecter et indiquer la présence ou l'absence de relation de phase correcte entre deux pièces de même tension nominale et de même fréquence

3.2

comparateur de phase capacitif

dispositif utilisé pour détecter et indiquer la relation de phase dont le fonctionnement est fondé sur le courant qui traverse la capacité parasite vers la terre. Les comparateurs de phase capacitifs sont des comparateurs de phase bipolaires qui fonctionnent avec une connexion sans fil et des comparateurs de phase unipolaires qui fonctionnent avec un système de mémoire

NOTE Les comparateurs de phase capacitifs fonctionnent principalement sur la base de la mesure d'angle (en fonction de la fréquence).

¹ « DB » se réfère à la base de données « on-line » de la CEI.

IEC 60068-2-32:1975, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ed: Free fall (Procedure 1)*
Amendment 2 (1990)

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60417-DB:2002¹, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60651:1979, *Sound level meters*

IEC 60855:1985, *Insulating foam-filled tubes and solid rods for live working*

IEC 61235:1993, *Live working – Insulating hollow tubes for electrical purposes*

IEC 61318:1994, *Live working – Guidelines for quality assurance plans*

ISO 3745:1977, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms*

ISO 8402:1994, *Quality management and quality assurance – Vocabulary*

ISO 9000 (all parts), *Quality management and quality assurance standards*

ISO 9002:1994, *Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing*

ISO 9004 (all parts), *Quality management and quality system elements*

CIE 15.2:1986, *Colorimetry*

3 Definitions

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

3.1

phase comparator

portable device used to detect and indicate the presence or absence of the correct phase relationship between two energized parts at the same nominal voltage and frequency

3.2

capacitive phase comparator

device used to detect and indicate the phase relationship whose operation is based on the current passing through the stray capacitance to earth (ground). Capacitive phase comparators are two-pole phase comparators operating with wireless connection and single-pole phase comparators operating with memory system

NOTE Capacitive phase comparators mainly work on the basis of angle measurement (frequency-based).

¹ "DB" refers to the IEC on-line database.

3.3

comparateur de phase résistif

dispositif utilisé pour détecter et indiquer la relation de phase dont le fonctionnement est fondé sur le courant qui traverse une résistance située dans l'élément résistif. Les comparateurs de phase résistifs sont toujours des comparateurs de phase bipolaires

NOTE Les comparateurs de phase résistifs fonctionnent principalement sur la base de la mesure de la tension (en fonction de la tension).

3.4

types de comparateurs de phase

dispositif en une seule partie comprenant ses éléments isolants et dispositif séparé complété par une perche isolante; les deux dispositifs avec ou sans allonge d'électrode de contact

3.5

électrode de contact

partie conductrice nue qui établit la connexion électrique avec la pièce à vérifier

[VEI 651-10-09, modifiée]

3.6

allonge d'électrode de contact

section conductrice extérieurement isolée entre l'élément résistif et l'électrode de contact ou entre l'indicateur et l'électrode de contact permettant de parvenir à la mise en place correcte de l'indicateur en fonction de la pièce à vérifier

3.7

élément résistif

élément qui contient la résistance de limitation de courant et des parties conductrices

NOTE D'autres dispositifs limitant le courant peuvent être utilisés.

3.8

indicateur

partie du comparateur de phase qui indique la présence ou l'absence de la relation de phase correcte entre deux pièces. Dans le cas des comparateurs de phase unipolaires, il contient l'électronique et l'indication que le comparateur de phase est disponible pour la mesure suivante sur la seconde pièce à vérifier («mémoire prête»)

3.9

conducteur de raccordement

conducteur qui relie électriquement les deux perches

3.10

système de connexion

montage électronique utilisé pour envoyer des informations entre les deux perches

3.11

conducteur de terre

conducteur qui relie le comparateur de phase à la terre. Il comprend un collier ou une borne de mise à la terre ou un autre dispositif adapté pour établir un contact permanent ou semi-permanent

3.12

embout

partie permettant l'assemblage du comparateur de phase

3.3

resistive phase comparator

device used to detect and indicate the phase relationship whose operation is based on the current passing through a resistor located in the resistive element. Resistive phase comparators are always two-pole phase comparators

NOTE Resistive phase comparators mainly work on the basis of voltage measurement (voltage-based).

3.4

types of phase comparators

single unit including its insulating elements and separate unit completed with an insulating pole; both devices with or without contact electrode extension

3.5

contact electrode

bare conductive part which makes the electrical connection to the part to be tested

[IEV 651-10-09, modified]

3.6

contact electrode extension

externally insulated conductive section between the resistive element and the contact electrode or between the indicator and the contact electrode intended to achieve the correct position of the indicator relative to the part to be tested

3.7

resistive element

element which contains the current-limiting resistor and conductive parts

NOTE Other current limiting components may be used.

3.8

indicator

part of the phase comparator which indicates the presence or absence of the correct phase relationship between two parts. In the case of single-pole phase comparators, it contains the electronics and the indication that the phase comparator is ready for the next measurement on the second part to be tested ("memory ready")

3.9

connecting lead

lead that connects the two poles electrically

3.10

connecting system

electronic arrangement used to send information between the two poles

3.11

earth lead

lead that connects the phase comparator to earth (ground). It includes an earth clip or clamp or another device suitable for establishing a permanent or semi-permanent contact

3.12

adaptor

part allowing the assembly of the phase comparator

3.13

élément isolant

section de matériau isolant qui fournit à l'utilisateur une distance et une isolation adéquates

3.14

marque-limite

emplacement distinctif ou marque indiquant à l'utilisateur la limite physique jusqu'où le comparateur de phase peut être inséré entre des pièces sous tension ou peut les toucher

3.15

garde-main

garde physique distinctive séparant la poignée de l'élément isolant

3.16

perche isolante

perche faite en matériau isolant

3.17

dispositif de contrôle

dispositif intégré ou non, au moyen duquel l'utilisateur peut vérifier le fonctionnement du comparateur de phase

3.18

accessoires

pièces utilisées pour allonger l'électrode de contact afin d'améliorer son efficacité ou lui permettre d'atteindre la partie d'installation à vérifier. Des accessoires peuvent aussi être utilisés pour allonger la poignée

3.19

tension nominale, U_n

valeur arrondie appropriée de la tension utilisée pour identifier un réseau ou une installation [VEI 601-01-21, modifiée]

La tension nominale d'un comparateur de phase est le paramètre associé à son indication indiscutable. Un comparateur de phase peut avoir plus d'une tension nominale ou une plage de tensions nominales. Les valeurs limites de la plage de tensions nominales sont désignées $U_{n \min}$ et $U_{n \max}$

3.20

tension de seuil

tension minimale entre deux pièces à comparer pour donner une variation de l'état du signal qui indique une relation de phase incorrecte (non applicable au comparateur de phase capacitif)

3.21

angle de seuil

angle de phase minimal entre les deux pièces à comparer qui donne une variation de l'état d'un signal qui indique une relation de phase incorrecte

3.22

temps de mesure

temps disponible entre l'indication «mémoire prête» et le contact avec la deuxième pièce à vérifier

3.13**insulating element**

section of insulating material which provides adequate distance and insulation to the user

3.14**limit mark**

distinctive location or mark to indicate to the user the physical limit to which the phase comparator may be inserted between live parts or may touch them

3.15**hand guard**

distinctive physical guard separating the handle from the insulating element

3.16**insulating pole**

pole made of insulating material

3.17**testing element**

built-in or external device, by means of which the functioning of the phase comparator can be checked by the user

3.18**accessories**

items used to lengthen the contact electrode in order to improve its efficiency or to enable it to reach the part to be tested. Accessories may also be used to lengthen the handle

3.19**nominal voltage, U_n**

suitable approximate value of voltage used to identify a system or device

[IEV 601-01-21, modified]

The nominal voltage of the phase comparator is the parameter associated with its clear indication. A phase comparator may have more than one nominal voltage, or a nominal voltage range. Limit values of the nominal voltage range are named $U_{n \min}$ and $U_{n \max}$

3.20**threshold voltage**

minimum voltage between the two parts to be compared to give a change of signal state which indicates incorrect phase relationship (not applicable for capacitive phase comparator)

3.21**threshold angle**

minimum phase angle between the two parts to be compared which gives a change of signal state which indicates incorrect phase relationship

3.22**measurement time**

available time between indication "memory ready" and contact to the second part to be tested

3.23

tension assignée, U_r

valeur de tension fixée généralement par le fabricant et le client à laquelle certaines spécifications de fonctionnement font référence. La tension assignée du comparateur de phase est la tension choisie dans le tableau 2, colonne 1 de la CEI 60071-1; il convient que celle-ci soit égale soit à la tension nominale (ou à la tension nominale la plus élevée de sa plage de tensions) soit à la tension immédiatement supérieure indiquée dans ces tableaux

3.24

champ perturbateur

champ électrique ou magnétique pouvant affecter l'indication. Il peut résulter de la pièce à vérifier ou d'autres composants voisins

3.25

indication indiscutable

détection et indication non ambiguës d'une relation de phase incorrecte entre les pièces à vérifier

3.26

perceptibilité indiscutable

état quand l'indication est discernable sans erreur par l'utilisateur dans des conditions d'environnement spécifiques quand le comparateur de phase est dans sa position de fonctionnement

3.27

protection de contournement

protection contre les amorçages ou les claquages, quand l'isolation entre les pièces de l'installation à vérifier, à différents potentiels, est diminuée par la présence du comparateur de phase

3.28

type intérieur

comparateur de phase conçu pour une utilisation dans des conditions sèches, normalement à l'intérieur

3.29

type extérieur

comparateur de phase conçu pour une utilisation dans des conditions humides, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur

3.30

essai de réception

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification

[VEI 151-04-20]

3.31

essai de maintenance

essai effectué périodiquement sur un dispositif ou un équipement et destiné à vérifier que ses caractéristiques de fonctionnement se maintiennent dans les limites spécifiées, après avoir procédé, le cas échéant, aux ajustements nécessaires

[VEI 151-04-22]

3.23**rated voltage, U_r**

value of voltage generally agreed upon by manufacturer and customer, to which certain operating specifications are referred. The rated voltage of the phase comparator is the voltage selected from IEC 60071-1, table 2, column 1, which should either be equal to the nominal voltage (or the highest nominal voltage of its nominal range), or the next higher voltage selected from those tables

3.24**interference field**

electric or magnetic field capable of affecting the indication. It may result from the part to be tested or other adjacent parts

3.25**clear indication**

unambiguous detection and indication of incorrect phase relationship between the parts to be tested

3.26**clear perceptibility**

case when the indication is unmistakably discernible by the user under specific environmental conditions when the phase comparator is in its operating position

3.27**protection against bridging**

protection against flashover or breakdown, when the insulation between the parts of the installation to be tested, at different potentials, is reduced by the presence of the phase comparator

3.28**indoor type**

phase comparator designed for use in dry conditions, normally indoors

3.29**outdoor type**

phase comparator designed for use in wet conditions, either indoors or outdoors

3.30**acceptance test**

contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specification

[IEV 151-04-20]

3.31**maintenance test**

test carried out periodically on a device or equipment to ascertain and, if necessary, make certain adjustments to ensure that its performance remains within specified limits

[IEV 151-04-22]

3.32

essai individuel de série

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

[VEI 151-04-16]

3.33

essai de série sur prélèvement

essai effectué sur un certain nombre de dispositifs prélevés au hasard dans un lot

[VEI 151-04-17]

3.34

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

[VEI 151-04-15]

4 Prescriptions

4.1 Prescriptions générales

4.1.1 Sécurité

Le comparateur de phase doit être conçu et fabriqué de façon à ne pas présenter de danger pour l'utilisateur, pourvu qu'il soit utilisé conformément à des méthodes de travail sûres et aux instructions d'emploi.

4.1.2 Indication

Le comparateur de phase doit donner une indication indiscutable des états «relation de phase incorrecte» et/ou «relation de phase correcte», au moyen du changement de l'état de la signalisation. L'indication doit être visuelle; il est permis d'ajouter une indication sonore complémentaire. Dans le cas d'un comparateur de phase unipolaire, l'état «mémoire prête» doit être indiqué.

4.2 Prescriptions fonctionnelles

4.2.1 Indication indiscutable

Le comparateur de phase ne doit pas indiquer comme relation de phase incorrecte les différences d'angle jusqu'à $\pm 10^\circ$.

Le comparateur de phase doit indiquer indiscutablement la relation de phase incorrecte.

Les différences angulaires prescrites pour indiquer la relation de phase incorrecte dépendront des configurations de réseau.

Le fabricant et le client doivent se mettre d'accord sur l'une des quatre classes suivantes.

Classe A: Indication de la relation de phase incorrecte pour des angles de phase compris entre 30° et 330° ;

Classe B: Indication de la relation de phase incorrecte pour des angles de phase compris entre 60° et 300° ;

Classe C: Indication de la relation de phase incorrecte pour des angles de phase compris entre 110° et 250° ;

Classe D: S'il n'est pas possible d'utiliser l'une des classes mentionnées ci-dessus, le fabricant et le client doivent parvenir à un accord sur la valeur appropriée des différences angulaires.

3.32**routine test**

test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

[IEV 151-04-16]

3.33**sampling test**

test on a number of devices taken at random from a batch

[IEV 151-04-17]

3.34**type test**

test on one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications

[IEV 151-04-15]

4 Requirements**4.1 General requirements****4.1.1 Safety**

The phase comparator shall be designed and manufactured to be safe for the user, provided it is used in accordance with safe methods of work and the instructions for use.

4.1.2 Indication

The phase comparator shall clearly indicate the states "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" by means of the change of the signal. The indication shall be visual; an audible indication may be additional. In the case of a single-pole phase comparator, the state "ready for measurement" (memory ready) shall be indicated.

4.2 Functional requirements**4.2.1 Clear indication**

The phase comparator shall not indicate as incorrect phase relationship angle differences up to $\pm 10^\circ$.

The phase comparator shall clearly indicate incorrect phase relationship.

The required phase angle differences to give indication of incorrect phase relationship will depend on network situations.

Manufacturer and customer shall agree on one of the four following classes.

Class A: Indication of incorrect phase relationship for phase angles between 30° and 330° ;

Class B: Indication of incorrect phase relationship for phase angles between 60° and 300° ;

Class C: Indication of incorrect phase relationship for phase angles between 110° and 250° ;

Class D: If it is not possible to use any of the above-mentioned classes, the manufacturer and the customer shall reach an agreement to set the appropriate value of the phase-angle difference.

Ces prescriptions doivent être satisfaites pour les tensions à la terre entre

$0,4 U_{n \min}$ jusqu'à $U_r / \sqrt{3}$ pour le comparateur de phase capacitif,

et $(U_{n \min} - 8 \%) / \sqrt{3}$ jusqu'à $(U_{n \max} + 8 \%) / \sqrt{3}$ pour le comparateur de phase résistif.

4.2.1.1 L'utilisateur ne doit pas avoir accès aux réglages, sauf pour les dispositifs qui sont équipés d'un sélecteur pour différentes tensions ou plages de tensions nominales.

4.2.1.2 La présence d'une installation adjacente, sous tension ou à la terre, ne doit pas altérer l'indication lorsque le comparateur de phase est utilisé conformément aux instructions d'emploi.

4.2.1.3 La présence d'un champ perturbateur ne doit pas affecter l'indication.

NOTE Il n'y a pas dans cette Norme internationale de prescriptions CEM spécifiques. Il convient que le comparateur de phase satisfasse aux règlements nationaux.

4.2.2 Perceptibilité indiscutable

Le comparateur de phase doit donner une indication indiscutable dans des conditions normales de lumière et de bruit.

4.2.2.1 Indication visuelle

L'indication doit être indiscutablement visible pour l'utilisateur en position de travail et dans des conditions normales de luminosité.

Quand deux ou plusieurs signaux sont utilisés, l'indication ne doit pas reposer seulement sur la perceptibilité de lumières de différentes couleurs. Des caractéristiques supplémentaires telles que la séparation physique des sources lumineuses, des formes distinctes de signaux lumineux ou des lumières clignotantes doivent être utilisées.

4.2.2.2 Indication sonore

L'indication doit être indiscutablement audible pour l'utilisateur en position de travail et dans des conditions normales de bruit.

4.2.3 Influence de la température et de l'humidité sur l'indication

Il y a trois catégories de comparateurs de phase selon les conditions climatiques de fonctionnement: froid (C), normal (N) et chaud (W). Le comparateur de phase doit fonctionner correctement dans la plage de températures de sa catégorie climatique, telles que données au tableau 1.

Tableau 1 – Plages de conditions climatiques

Plages de conditions climatiques (fonctionnement et stockage)		
Catégorie climatique	Température °C	Humidité %
Froid (C)	–40 à +55	20 à 96
Normal (N)	–25 à +55	20 à 96
Chaud (W)	–5 à +70	12 à 96

These requirements shall be fulfilled for voltage-to-earth values between

$0,4 U_{n \min}$ up to $U_r / \sqrt{3}$ for capacitive phase comparator,

and $(U_{n \min} - 8 \%) / \sqrt{3}$ up to $(U_{n \max} + 8 \%) / \sqrt{3}$ for resistive phase comparator.

4.2.1.1 The user shall not have access to the settings of the indicator, except for those devices which are equipped with a selector for different nominal voltages or nominal voltage ranges.

4.2.1.2 The presence of an adjacent live or earthed part shall not affect the indication when the phase comparator is used in accordance with the instructions for use.

4.2.1.3 The presence of an interference field shall not affect the indication.

NOTE There is no specific EMC requirement in this International Standard. The phase comparator should conform with the National Regulations.

4.2.2 Clear perceptibility

The phase comparator shall give a clear indication under normal light and noise conditions.

4.2.2.1 Visual indication

The indication shall be clearly visible to the user in the operating position and under normal light conditions.

When two or more signals are used, the indication shall not rely solely on light of different colours for perceptibility. Additional characteristics, such as physical separation of the light sources, distinctive form of the light signals, or flashing light shall be used.

4.2.2.2 Audible indication

The indication shall be clearly audible to the user when in the operating position and under normal noise conditions.

4.2.3 Temperature and humidity dependence of the indication

There are three categories of phase comparators according to climatic conditions of operation: cold (C), normal (N) and warm (W). The phase comparator shall operate correctly in the temperature range of its climatic category, according to table 1.

Table 1 – Climatic condition ranges

Climatic condition ranges (operation and storage)		
Climatic category	Temperature °C	Humidity %
Cold (C)	–40 to +55	20 to 96
Normal (N)	–25 to +55	20 to 96
Warm (W)	–5 to +70	12 to 96

4.2.4 Influence de la fréquence

4.2.4.1 Tolérance de la fréquence nominale

Le comparateur de phase doit fonctionner correctement à des fréquences dans une limite de tolérance d'au moins $\pm 0,2$ % de la fréquence nominale.

Un comparateur de phase à plusieurs fréquences nominales doit fonctionner correctement pour chaque fréquence dans une limite de tolérance d'au moins $\pm 0,2$ %.

4.2.4.2 Glissement de la fréquence

Le comparateur de phase doit fonctionner correctement avec des variations de fréquence jusqu'à 1 mHz/s pendant au moins 5 s après l'apparition de l'indication «mémoire prête». Des variations pouvant atteindre 10 mHz/s ne doivent pas indiquer l'état «relation de phase correcte».

Le temps de mesure doit être d'au moins 5 s.

4.2.5 Indication de la sécurité de fonctionnement de l'alimentation

Un comparateur de phase avec source d'alimentation incorporée doit donner une indication indiscutable jusqu'à ce que la source soit épuisée, à moins que son usage soit limité par une indication d'indisponibilité ou par une coupure automatique, comme mentionné dans les instructions d'emploi.

4.2.6 Dispositif de contrôle

Le dispositif de contrôle, qu'il soit incorporé ou séparé, doit permettre le contrôle de tous les circuits électriques, y compris l'élément résistif, la source d'énergie et le fonctionnement de l'indication. Quand tous les circuits ne peuvent pas être contrôlés, chaque restriction doit être clairement indiquée dans les instructions d'emploi. Ces circuits doivent être construits avec une grande fiabilité. Quand il y a un dispositif de contrôle incorporé, le comparateur de phase doit donner une indication «prêt» ou «indisponible».

4.2.7 Temps de fonctionnement

Le comparateur de phase doit pouvoir fonctionner sans défaillance et sans donner d'indication erronée quand il est soumis à la tension assignée pendant 1 min.

4.3 Prescriptions électriques

4.3.1 Matériau isolant

Le matériau isolant doit être adapté à la tension assignée.

4.3.2 Protection contre le contournement

La protection doit être telle que le comparateur de phase ne puisse provoquer un amorçage ou un claquage entre les parties sous tension d'une installation ou entre une partie sous tension d'une installation et la terre.

4.3.3 Résistance à l'amorçage

Le comparateur de phase doit être construit de telle façon que l'indicateur ne puisse pas être endommagé ou mis hors service par décharges électriques.

4.2.4 Frequency dependence

4.2.4.1 Tolerance of nominal frequency

The phase comparator shall operate correctly at frequencies within a tolerance of at least $\pm 0,2$ % of the nominal frequency.

A phase comparator with more than one nominal frequency shall operate correctly for each frequency within a tolerance of at least $\pm 0,2$ %.

4.2.4.2 Frequency shift

The phase comparator shall operate correctly with variations of frequency up to 1 mHz/s during at least 5 s after indication "memory ready" appears. Greater variations up to 10 mHz/s shall not cause indication "correct phase relationship".

The measurement time shall be at least 5 s.

4.2.5 Power source dependability

The phase comparator with a built-in power source shall give clear indication until the source is exhausted, unless its usage is limited by an indication of non-readiness or automatic shut-off, as mentioned in the instructions for use.

4.2.6 Testing element

The testing element, whether built-in or separate, shall be capable of testing all the electrical circuits, including the resistive element, the energy source and the functioning of the indication. When all circuits cannot be tested, any limitation shall be clearly stated in the instructions for use. These circuits shall be of high reliability construction. When there is a built-in testing element, the phase comparator shall give an indication of "ready" or "not ready".

4.2.7 Time rating

The phase comparator shall be able to perform without failure and without giving incorrect indication when subjected to the rated voltage for 1 min.

4.3 Electrical requirements

4.3.1 Insulating material

The insulating material shall be adequately rated for the rated voltage.

4.3.2 Protection against bridging

Protection shall be such that the phase comparator cannot cause flashover or breakdown between live parts of an installation or between a live part of an installation and earth.

4.3.3 Resistance against sparking

The phase comparator shall be constructed so that the indicator cannot be damaged or shut-off as a result of spark discharge.

4.3.4 Élément résistif

L'élément résistif d'un comparateur de phase doit être correctement dimensionné en fonction de la tension et de la puissance.

4.3.5 Courant de fuite

Le comparateur de phase doit être dimensionné de telle façon que le courant de fuite ne dépasse pas 0,5 mA.

4.3.6 Courant de circulation

Pour le comparateur de phase résistif, le courant de circulation maximal traversant le comparateur de phase doit être aussi faible que possible et ne jamais dépasser 3,5 mA lorsqu'une tension de $1,2 U_r$ est appliquée entre les électrodes de contact.

4.3.7 Boîtier d'indicateur

Si un boîtier d'indicateur est soumis à une contrainte diélectrique, il doit maintenir sa rigidité diélectrique pour laquelle il est conçu, aussi bien en conditions sèches qu'humides.

4.3.8 Isolation des conducteurs

Le conducteur de terre et le conducteur de raccordement doivent être réalisés en câbles haute tension multibrins flexibles. L'isolation des conducteurs et le raccordement des conducteurs au comparateur de phase doivent supporter une tension de $1,2 U_r$.

4.4 Prescriptions mécaniques

4.4.1 Conception

Une distance et un isolement adéquats doivent être fournis à l'utilisateur soit par l'élément résistif soit par combinaison d'un élément résistif et d'un élément isolant. Le comparateur de phase doit être conçu pour permettre son maniement par une personne seule.

Un comparateur de phase en une seule partie doit au moins comprendre les éléments suivants:

- poignée, garde-main, élément isolant et/ou élément résistif, indicateur, marque-limite et électrode de contact. Le comparateur de phase résistif doit avoir en plus un conducteur de raccordement et, éventuellement, un conducteur de terre (voir figure 1).

Un comparateur de phase en éléments séparés doit au moins comprendre les éléments suivants:

- électrode de contact, indicateur, marque limite, adaptateur et perche isolante. Le comparateur de phase résistif doit avoir en plus un élément résistif, un conducteur de raccordement et, éventuellement, un conducteur de terre (voir figure 1).

4.4.2 Dimensions, construction

La longueur minimale d'isolation entre le garde-main et la marque-limite doit être de 525 mm et être obtenue au moyen d'un élément isolant et/ou un élément résistif.

4.3.4 Resistive element

The resistive element of a phase comparator shall be adequately rated with respect to voltage and power.

4.3.5 Leakage current

The phase comparator shall be so rated that the leakage current shall not exceed 0,5 mA.

4.3.6 Circuit current

For resistive phase comparator the maximum circuit current through the phase comparator shall be as low as possible and never exceed 3,5 mA when a test voltage of $1,2 U_r$ is applied between the contact electrodes.

4.3.7 Indicator casing

If an indicator casing is subject to dielectric stress, it shall maintain its dielectric strength for which it is designed, either in dry or wet conditions.

4.3.8 Insulation of leads

The earth lead and connecting lead shall be made of high-voltage flexible multistrand cable. The insulation of the leads and the connection of the leads to the phase comparator shall withstand a voltage of $1,2 U_r$.

4.4 Mechanical requirements

4.4.1 Design

The user shall be provided with adequate distance and insulation, either by the resistive element or by a combined resistive and insulating element. The phase comparator shall be designed to allow operation by one person.

The phase comparator as a single unit shall include at least the following elements:

- handle, handguard, insulating element and/or resistive element, indicator, limit mark and contact electrode. The resistive phase comparator shall additionally have a connecting lead and, possibly, an earth lead (see figure 1).

The phase comparator as a separate unit shall include at least the following elements:

- contact electrode, indicator, limit mark, adaptor and insulating pole. The resistive phase comparator shall additionally have a resistive element, a connecting lead and, possibly, an earth lead (see figure 1).

4.4.2 Dimensions, construction

The minimum length of insulation between the handguard and the limit mark shall be 525 mm and be achieved by the provision of an insulating element and/or a resistive element.

La distance entre la marque-limite et l'électrode de contact doit avoir la longueur minimale suivante:

Tableau 2 – Longueurs minimales de la marque-limite à l'électrode de contact

Longueur minimale mm	Plage de tensions kV
300	$1 < U_n \leq 12$
450	$12 < U_n \leq 24$
600	$24 < U_n \leq 36$
NOTE Les valeurs spécifiées sont choisies en fonction de l'extension qui est nécessaire pour le type de construction habituel des réseaux triphasés. Dans certaines circonstances, des longueurs plus importantes peuvent être exigées et faire l'objet d'un accord entre le fabricant et le client.	

Le comparateur de phase résistif doit être construit de telle façon que, s'il est utilisé comme prévu, une distance minimale de 100 mm puisse être maintenue entre l'utilisateur, le conducteur de raccordement et le conducteur de terre. Dans d'autres circonstances, d'autres distances peuvent être exigées et faire l'objet d'un accord entre le fabricant et le client.

La marque-limite doit être d'une largeur d'environ 20 mm, être permanente et clairement reconnaissable par l'utilisateur.

Quand elle est prévue, la poignée doit être d'au moins 115 mm de longueur.

Quand il est prévu, le garde-main doit être fixé de façon permanente et avoir une hauteur minimale (h_{HG}) de 20 mm.

De façon à adapter le comparateur de phase à différentes utilisations, l'électrode de contact peut être facilement interchangeable avec d'autres types d'électrodes de contact selon le type d'installation et les instructions d'emploi.

Le comparateur de phase démontable et les parties composantes du comparateur de phase doivent être clairement marqués comme participant au même assemblage.

Le comparateur de phase ne doit pas avoir de conducteur extérieur ou d'autres moyens de réalisation de connexion externe, à l'exception de ceux destinés à la liaison à la terre et du conducteur de raccordement.

Le conducteur de raccordement et le conducteur de terre (le cas échéant) doivent être conçus et emboîtés pour résister aux forces qui apparaissent s'ils sont utilisés comme prévu. Ils doivent être souples, résistants à la déformation et au vieillissement.

4.4.3 Force de préhension et flèche

Le comparateur de phase doit être conçu pour faciliter une exploitation fiable avec un effort physique raisonnable par l'utilisateur.

La force de préhension ne doit pas dépasser 200 N pour chaque perche.

Le comparateur de phase doit être conçu de façon à permettre d'approcher en toute sécurité l'installation à vérifier. La flèche, sous son propre poids, doit être aussi faible que possible et ne doit pas dépasser 10 % de la longueur de l'ensemble complet, mesurée en position horizontale.

NOTE La perche d'un comparateur de phase comprend la perche isolante et/ou l'élément résistif, l'allonge d'électrode de contact et, éventuellement, l'indicateur en fonction de la conception.

The distance from the limit mark to the contact electrode shall have the following minimum length:

Table 2 – Minimum lengths from the limit mark to the contact electrode

Minimum length mm	Voltage range kV
300	$1 < U_n \leq 12$
450	$12 < U_n \leq 24$
600	$24 < U_n \leq 36$
NOTE The specified values are selected in consideration of the extension that is necessary for the usual construction type of three-phase systems. In certain circumstances, larger lengths may be required and agreed between manufacturer and customer.	

The resistive phase comparator shall be so constructed that, if used as intended, a minimum distance of 100 mm can be maintained between the user and the connecting lead and earth lead. In certain circumstances, other distances may be required and agreed between manufacturer and customer.

The limit mark shall be about 20 mm wide, permanent and clearly recognizable by the user.

When provided, the handle shall be at least 115 mm in length.

When provided, the handguard shall be permanently fixed and have a minimum height (h_{HG}) of 20 mm.

In order to adapt the phase comparator to different uses, the contact electrode may readily be interchangeable with other types of contact electrodes depending on the type of installation and instructions for use.

A dismountable phase comparator and component parts of a phase comparator shall be clearly marked as belonging together.

Except for the earth and connecting lead, the phase comparator shall not have any other external lead or any means making such connection.

The connecting lead and the earth lead (when provided) shall be designed and guided to resist the forces occurring when used as intended. They shall be flexible, resistant to buckling and resistant to ageing.

4.4.3 Grip force and deflection

The phase comparator shall be designed to facilitate reliable operation with reasonable physical effort by the user.

The grip force shall not exceed 200 N for each pole.

The phase comparator shall be designed to allow a safe approach toward the installation to be tested. The deflection, under its own weight, shall be as low as possible and shall not exceed 10 % of the total length of the complete unit, measured in a horizontal position.

NOTE A pole of a phase comparator includes the insulating pole and/or the resistive element, the contact electrode extension, and may include the indicator depending on the design.

4.4.4 Résistance aux vibrations

L'indicateur, l'élément résistif, l'allonge d'électrode de contact et, le cas échéant, le conducteur de raccordement et/ou de terre doivent résister aux vibrations.

4.4.5 Résistance aux chutes

Le comparateur de phase doit résister aux chutes.

4.4.6 Résistance aux chocs

L'indicateur, l'élément résistif et l'allonge d'électrode de contact doivent résister aux chocs mécaniques selon l'annexe D.

4.5 Marquages

4.5.1 Marquages sur le comparateur de phase

Chaque comparateur de phase doit posséder au moins les marquages suivants:

- tension nominale et/ou plage de tensions nominales;
- fréquence nominale et/ou plage de fréquences nominales;
- classe de fonctionnement (A, B, C ou D);
- nom ou marque de fabrique du fabricant;
- référence du modèle, numéro de série;
- indication du type «intérieur» ou «extérieur»;
- catégories climatiques (C, N ou W);
- année de production;
- symbole IEC 60417-5216 (DB:2002-10) – Approprié aux travaux sous tension; double triangle;
NOTE Pour le symbole, la proportion exacte de la hauteur de la figure à la base du triangle est de 1,43. Dans un souci pratique, la proportion peut se situer entre les valeurs de 1,4 et 1,5.
- numéro de la norme CEI applicable, immédiatement adjacent au symbole avec l'année de publication (quatre chiffres), (IEC 61481-A2:2004);
- date de vérification du fonctionnement et des propriétés diélectriques (essai de maintenance périodique);
- mention d'avertissement «il faut que le conducteur de terre soit relié à la terre avant utilisation», dans le cas d'un comparateur de phase équipé d'un conducteur de terre.

Dans le cas d'un comparateur de phase avec une source d'énergie incorporée, le type d'alimentation doit être indiqué soit sur l'indicateur soit dans le compartiment conçu pour recevoir l'alimentation, et la polarité quand c'est nécessaire.

Ces marquages doivent être lisibles et permanents. Les caractères doivent avoir au moins 3 mm de haut. Les marquages ne doivent pas altérer la qualité du comparateur de phase.

4.5.2 Instructions d'emploi

Chaque comparateur de phase doit être accompagné des instructions d'emploi du fabricant; voir annexe B.

5 Essais

5.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés sur le comparateur de phase complètement assemblé, y compris l'allonge d'électrode de contact, conformément aux instructions d'emploi. Si plusieurs électrodes de contact sont utilisées, les essais pertinents doivent être réalisés avec chaque électrode de contact (par exemple essais de protection de contournement, etc.).

4.4.4 Vibration resistance

The indicator, the resistive element, the contact electrode extension and, when provided, the connecting and/or earth lead shall be vibration resistant.

4.4.5 Drop resistance

The phase comparator shall be drop resistant.

4.4.6 Shock resistance

The indicator, the resistive element and the contact electrode extension shall withstand mechanical shocks according to annex D.

4.5 Markings

4.5.1 Markings on the phase comparator

Each phase comparator shall have at least the following markings:

- nominal voltage and/or range of nominal voltages;
- nominal frequency and/or range of nominal frequencies;
- operational class (A, B, C or D);
- name or trade mark of the manufacturer;
- type reference, serial number;
- indication of type "indoor" or "outdoor";
- climatic categories (C, N or W);
- year of production;
- symbol IEC 60417-5216 (DB:2002-10) – Suitable for live working; double triangle;
NOTE The exact ratio of the height of the figure to the base of the triangle is 1,43. For the purpose of convenience, this ratio can be between the values of 1,4 and 1,5.
- number of the relevant IEC standard immediately adjacent to the symbol with year of publication (four digits), (IEC 61481-A2:2004);
- date of verification of operation and dielectric properties (periodic maintenance test);
- warning notice "earth lead must be connected to earth before use", in the case of a phase comparator with an earth lead.

In the case of a phase comparator with a built-in energy source, the type of power supply shall be indicated either on the indicator or inside the compartment designed to house it, and the polarity when required.

These markings shall be legible and permanent. The characters shall be at least 3 mm high. The markings shall not impair the quality of the phase comparator.

4.5.2 Instructions for use

Each phase comparator shall be accompanied by the manufacturer's instructions for use; see annex B.

5 Tests

5.1 General

Tests shall be performed on a phase comparator which has been completely assembled, including the contact electrode extension in accordance with instructions for use. When several contact electrodes are used, the relevant test shall be performed with each contact electrode (for example, protection against bridging tests, etc.).

Pour le comparateur de phase avec un conducteur de terre, l'essai doit être réalisé avec le conducteur de terre relié à la terre, sauf indication contraire.

NOTE Il est possible d'utiliser, pour certains essais de fonctionnement, une source basse tension si les mêmes résultats sont obtenus. Exemple: cette disposition est possible pour les essais n'impliquant pas de champs perturbateurs.

5.1.1 Conditions atmosphériques

Les conditions atmosphériques doivent être conformes à la CEI 60068-1.

5.1.2 Conditions atmosphériques d'essai normalisées

Sauf prescription particulière, les essais sont effectués dans les conditions atmosphériques normales suivantes:

- température ambiante 15 °C à 35 °C;
- humidité relative 45 % à 75 %;
- pression atmosphérique 86 kPa à 106 kPa.

Le comparateur de phase doit être soumis à ces conditions pendant au moins 4 h avant de subir l'ensemble des essais.

5.1.3 Essais dans des conditions humides

Avant les essais électriques, chaque comparateur de phase doit être nettoyé à l'isopropanol et ensuite séché dans l'air pendant 15 min.

L'essai doit être réalisé conformément à 9.1 de la CEI 60060-1 (procédure normalisée d'essais sous pluie) à l'exception suivante: les ouvertures dans le récipient collecteur destiné à mesurer le débit doivent être inférieures ou égales à la section horizontale de l'indicateur.

5.1.4 Essai de type

L'essai de type doit être effectué sur trois comparateurs de phase complets pris au hasard et trois éprouvettes de chaque matériau fournissant l'isolation haute tension. Si plus d'un échantillon ne passe pas l'essai, l'essai a échoué. Si un seul échantillon est mauvais, la séquence complète pour l'essai de type doit être répétée sur trois autres échantillons. Si, de nouveau, un des échantillons n'est pas bon, l'essai de type est considéré comme mauvais.

Les comparateurs de phase de même conception ne sont soumis à un essai de type qu'une seule fois. Les essais doivent être exécutés selon la séquence à l'annexe A.

5.1.5 Essai individuel de série

L'essai individuel de série doit être exécuté selon l'annexe A.

Il n'est pas nécessaire d'utiliser le même montage que pour l'essai de type correspondant mais le résultat doit être équivalent.

5.1.6 Essai de série sur prélèvement

L'essai de série sur prélèvement doit être exécuté selon l'annexe A. Le nombre d'échantillons doit être conforme à l'annexe C.

For a phase comparator with an earth lead, the test shall be performed with the earth lead connected to earth, unless otherwise stated.

NOTE It is possible, for some functional tests, to use a low-voltage source if the same results are achieved. Example: this is possible for tests not involving interference fields.

5.1.1 Atmospheric conditions

Atmospheric conditions shall be in accordance with IEC 60068-1.

5.1.2 Standard atmospheric test conditions

Except when otherwise stated, tests are carried out under the following standard atmospheric conditions:

- ambient temperature 15 °C to 35 °C;
- relative humidity 45 % to 75 %;
- atmospheric pressure 86 kPa to 106 kPa.

The phase comparator shall be subjected to these conditions for at least 4 h before being submitted to the group of tests.

5.1.3 Tests under wet conditions

Before the electrical tests, each phase comparator shall be cleaned with Isopropanol and then dried in air for 15 min.

The test shall be conducted in accordance with 9.1 of IEC 60060-1 (Standard wet test procedure), with the following exception: the openings in the collecting vessel designed to measure the wetting rate shall be less than, or equal to, the horizontal cross-section of the indicator.

5.1.4 Type test

The type test shall be performed on three complete phase comparators taken at random and on three test pieces of each material providing high-voltage insulation. If more than one sample does not pass, the test has failed. If only one sample fails, the entire sequence for the type test shall be repeated on three other samples. If, again, any of the samples does not pass, the type test is considered to have failed.

Phase comparators of the same design need only be type tested once. Tests shall be performed in the sequence defined in annex A.

5.1.5 Routine test

The routine test shall be performed according to annex A.

It is not necessary to use the same set-up as in the corresponding type test, but the result shall be equivalent.

5.1.6 Sampling test

Sampling test shall be performed according to annex A. The number of samples shall be in accordance with annex C.

5.1.7 Méthodes d'essai

Les essais doivent être exécutés en utilisant une source de puissance alternative conformément aux prescriptions données dans la CEI 60060-1.

La valeur de tension maximale doit être atteinte dans un délai de 10 s à 20 s.

Tous les types de comparateurs de phase doivent être soumis à des essais dans des conditions sèches.

Sauf spécification contraire,

- une tolérance de $\pm 3 \%$ est permise sur toutes les valeurs prescrites,
- les essais diélectriques doivent être effectués à des fréquences de 50 Hz à 60 Hz,
- des essais additionnels applicables aux comparateurs de phase extérieurs doivent être exécutés dans des conditions humides.

Si un comparateur de phase a une plage de tensions nominales, tous les essais correspondant à la plage de tensions doivent être effectués.

On ne doit pas appliquer de facteur de correction aux tensions d'essai en fonction des conditions climatiques.

5.2 Essais de fonctionnement

5.2.1 Indication indiscutable

5.2.1.1 Comparateur de phase résistif

Dans le cas d'un comparateur de phase avec plage de tensions nominales, l'essai doit être effectué

- pour les valeurs inférieure et supérieure de la tension nominale, s'il n'y a pas de réglage;
- pour la valeur la plus faible et, le cas échéant, une gamme intermédiaire à mi-plage ainsi que pour la tension nominale la plus élevée dans le cas d'un réglage commutable.

Deux séries d'essais sont effectuées au moyen du montage d'essai de la figure 2.

Le comparateur de phase doit être placé horizontalement et relié avec chaque électrode de contact aux tensions d'essai de telle façon que le conducteur de raccordement soit tendu dans une position horizontale. Le pôle en contact avec l'électrode A doit être situé au milieu de l'électrode en anneau.

Pour la série d'essais 1, les électrodes A et B doivent être alimentées avec une tension à la terre de $(U_{n \min} - 8 \%) / \sqrt{3}$. Une différence de phase selon la classe du comparateur de phase (voir 4.2.1) doit être réglée entre les sources de tension.

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» apparaît.

Cet essai est répété tandis que le conducteur de raccordement est balayé par une électrode formée d'une bille d'un diamètre de 50 mm et reliée à la terre. L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» ne disparaît pas.

Pour les essais de la série 2, l'électrode A est alimentée avec une tension à la terre de $(U_{n \max} + 8 \%) / \sqrt{3}$, et l'électrode B avec une tension à la terre de $(U_{n \max} - 8 \%) / \sqrt{3}$.

Une différence de phase de 10° doit être réglée entre les sources de tension.

5.1.7 Test methods

Tests shall be carried out using an a.c. power source in accordance with the requirements given in IEC 60060-1.

The maximum voltage value shall be reached within 10 s to 20 s.

All types of phase comparators shall be submitted to the tests in dry conditions.

Unless otherwise specified,

- a tolerance of ± 3 % is allowed for all required values,
- dielectric tests shall be carried out at frequencies of 50 Hz to 60 Hz,
- additional tests applicable to outdoor phase comparators shall be performed under wet conditions.

If a phase comparator has a range of nominal voltage, all tests corresponding to the voltage range shall be carried out.

No correction factor due to climatic conditions shall be applied to test voltages.

5.2 Function tests

5.2.1 Clear indication

5.2.1.1 Resistive phase comparator

In the case of a phase comparator with a nominal voltage range, the test shall be performed

- for the lower and upper nominal voltage in the case of no adjustment;
- for the lowest and, if available, an intermediate stage at mid-range as well as the highest nominal voltage in the case of a switched adjustment.

Two test series are performed using the test set-up of figure 2.

The phase comparator shall be placed horizontally and connected with both contact electrodes to test voltages in such a manner that the connecting lead is stretched in a horizontal position. The pole in contact with the electrode A shall be placed in the middle of the ring electrode.

For test series 1, the electrodes A and B shall be energized with a voltage to earth of $(U_{n \text{ min}} - 8 \%) / \sqrt{3}$. A phase difference according to the class of the phase comparator (see 4.2.1) shall be adjusted between the voltage sources.

The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" appears.

This test is repeated while the connecting lead is scanned by a ball electrode with a diameter of 50 mm connected to earth. The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not disappear.

For test series 2, the electrode A shall be energized with a voltage to earth of $(U_{n \text{ max}} + 8 \%) / \sqrt{3}$, and electrode B with a voltage to earth of $(U_{n \text{ max}} - 8 \%) / \sqrt{3}$.

A phase difference of 10° shall be adjusted between the voltage sources.

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» n'apparaît pas. Dans le cas d'un comparateur de phase avec deux signaux actifs, l'indication «relation de phase correcte» doit apparaître.

Cet essai est répété tandis que le conducteur de raccordement est balayé par l'électrode en forme de bille comme décrit précédemment. L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» n'apparaît pas.

5.2.1.2 Comparateur de phase capacitif

Deux séries d'essai sont effectuées au moyen du montage d'essai de la figure 2.

L'électrode à anneau C est reliée à la terre.

Pour la série d'essais 1, les électrodes A et B doivent être alimentées avec une tension à la terre de $0,4 U_{n \min}$. Une différence de phase selon la classe du comparateur de phase (voir 4.2.1) doit être réglée entre les sources de tension.

Le comparateur de phase doit être placé horizontalement et relié avec chaque électrode de contact aux tensions d'essai. Le pôle en contact avec l'électrode A doit être situé au milieu de l'électrode en anneau. Dans le cas d'un comparateur de phase unipolaire, l'électrode de contact doit toucher successivement les deux électrodes d'essai selon les instructions d'emploi. L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» apparaît.

Pour la série d'essais 2, les électrodes doivent être alimentées avec une tension à la terre de $U_r / \sqrt{3}$.

Une différence de phase de 10° doit être réglée entre les sources de tension.

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication «relation de phase incorrecte» n'apparaît pas. Dans le cas d'un comparateur de phase avec deux signaux actifs, l'indication «relation de phase correcte» doit apparaître.

5.2.2 Influence du champ magnétique perturbateur

Le montage d'essai est décrit à la figure 3.

Un conducteur droit de $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de diamètre doit être disposé de telle façon qu'il n'y ait aucune perturbation magnétique provenant de l'extérieur. Cela peut être obtenu avec 2 m de conducteur sans matériau magnétique, à 1 m du conducteur.

Le conducteur doit être connecté à une source de courant alternatif distincte capable de produire 1 000 A, à la fréquence nominale, dans le conducteur (voir figure 3a).

Le comparateur de phase doit être placé de manière à être parallèle au conducteur. Le centre de l'indicateur doit être aligné avec le centre du conducteur de telle façon que la surface du boîtier d'indicateur soit positionnée à 50 mm de la surface du conducteur (voir figure 3a).

Le conducteur de terre, s'il existe, doit être relié à la terre.

Dans ce montage, les deux séries d'essais selon 5.2.1.1 ou 5.2.1.2 doivent être réalisées.

Le comparateur de phase doit subir une rotation de 90° de manière à ce que le centre de l'indicateur reste aligné avec le centre du conducteur (voir figure 3b).

The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear. In case of a phase comparator with two active signals, the indication "correct phase relationship" shall appear.

This test is repeated while the connecting lead is scanned by a ball electrode, as described previously. The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear.

5.2.1.2 Capacitive phase comparator

Two test series are performed using the test set-up of figure 2.

The ring electrode C is grounded.

For test series 1 the electrodes A and B shall be energized with a voltage to earth of $0,4 U_n \text{ min.}$ A phase difference according to the class of the phase comparator (see 4.2.1) shall be adjusted between the voltage sources.

The phase comparator shall be placed horizontally and connected with both contact electrodes to test voltages. The pole in contact with the electrode A shall be placed in the middle of the ring electrode. In the case of a single-pole phase comparator, the contact electrode shall touch successively the two test electrodes according to the instructions for use. The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" appears.

For test series 2 the electrodes shall be energized with a voltage to earth of $U_r / \sqrt{3}$.

A phase difference of 10° shall be adjusted between the voltage sources.

The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear. In case of a phase comparator with two active signals, the indication "correct phase relationship" shall appear.

5.2.2 Influence of magnetic interference field

The test set-up is given in figure 3.

A straight conductor of $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ in diameter shall be arranged such that there is no magnetic interference from an external source. This can be achieved by having a 2 m length of the conductor with no magnetic material, within 1 m of the conductor.

The conductor shall be connected to a separate a.c. current source capable of producing 1 000 A, at the nominal frequency, in the conductor (see figure 3a).

The phase comparator shall be positioned to be parallel with the conductor. The centre of the indicator shall be aligned with the centre of the conductor such that the surface of the indicator housing shall be positioned 50 mm from the surface of the conductor (see figure 3a).

The earth lead of the phase comparator, if provided, shall be connected to earth.

In this arrangement, the two test series according to 5.2.1.1 or 5.2.1.2 shall be performed.

The phase comparator and the conductor shall be arranged at right angles such that the centre of the indicator still remains aligned with the centre of the conductor (see figure 3b).

La procédure d'essai indiquée ci-dessus est répétée.

L'essai est considéré comme satisfaisant si les mêmes indications que celles obtenues sans l'influence de l'induction magnétique apparaissent.

5.2.3 Influence des champs électriques

Le montage d'essai est donné à la figure 2. L'essai est constitué par les séquences et conditions d'essais données au tableau 3.

Selon que le comparateur de phase est résistif ou capacitif, il doit être disposé selon 5.2.1.1 ou 5.2.1.2.

Tableau 3 – Séquences et conditions d'essais

Séquence d'essai	Tension d'essai sur l'électrode			Indication exigée
	A	B	C	
1	$U_r / \sqrt{3}$	$U_r / \sqrt{3}$ 10 degrés	$U_r / \sqrt{3}$	r.p. correcte ^b
2	$0,4 U_{n \text{ min}}$	$0,4 U_{n \text{ min}}$ 30 degrés ^a	$0,4 U_{n \text{ min}}$	r.p. incorrecte
3	$U_r / \sqrt{3}$	$U_r / \sqrt{3}$ 10 degrés	$U_r / \sqrt{3}$ 10 degrés	r.p. correcte
4	$0,4 U_{n \text{ min}}$	$0,4 U_{n \text{ min}}$ 30 degrés ^a	$0,4 U_{n \text{ min}}$ 30 degrés ^a	r.p. incorrecte

^a Une différence de phase selon la classe du comparateur de phase (voir 4.2.1) doit être réglée. Les valeurs correspondant à la classe de fonctionnement A sont utilisées ici à titre d'exemple.

^b r.p. pour relation de phase.

5.2.3.1 Influence du champ perturbateur en phase

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication exigée dans les séries d'essais 1 et 2 apparaît.

5.2.3.2 Influence du champ perturbateur en opposition de phase

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication exigée dans les séries d'essais 3 et 4 apparaît.

5.2.4 Perceptibilité indiscutable

5.2.4.1 Perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle

Le montage d'essai est donné à la figure 4.

L'intensité de la lumière frappant un écran gris dépoli avec un indice de réflectivité de 18 % et la source lumineuse de l'indicateur doivent être de:

- 50 000 lux $\pm$ 10 % pour le comparateur de phase de type extérieur avec une lumière normalisée D₅₅ selon la CIE 15.2 correspondant à la température de couleur de 5 500 K $\pm$ 10 %.
- 1 000 lux $\pm$ 10 % pour le comparateur de phase de type intérieur avec une lumière normalisée température A selon la CIE 15.2 correspondant à une température de couleur de 2 856 K $\pm$ 10 %.

La perche contenant l'indication est positionnée dans la direction de l'axe A – B et la source lumineuse est centrée sur l'axe A – B, selon la figure 4a, en utilisation normale.

The test procedure indicated above is repeated.

The test is considered as passed if the same indications than obtained without the influence of the magnetic induction appear.

5.2.3 Influence of electric fields

The test set-up is given in figure 2. The test consists of the test series and conditions given in table 3.

Depending if the phase comparator is resistive or capacitive, it shall be placed according to 5.2.1.1 or 5.2.1.2.

Table 3 – Test series and conditions

Test series	Test voltage on electrode			Required indication
	A	B	C	
1	$U_r / \sqrt{3}$	$U_r / \sqrt{3}$ 10 degrees	$U_r / \sqrt{3}$	Correct p.r. ^b
2	$0,4 U_{n \text{ min}}$	$0,4 U_{n \text{ min}}$ 30 degrees ^a	$0,4 U_{n \text{ min}}$	Incorrect p.r.
3	$U_r / \sqrt{3}$	$U_r / \sqrt{3}$ 10 degrees	$U_r / \sqrt{3}$ 10 degrees	Correct p.r.
4	$0,4 U_{n \text{ min}}$	$0,4 U_{n \text{ min}}$ 30 degrees ^a	$0,4 U_{n \text{ min}}$ 30 degrees ^a	Incorrect p.r.

^a A phase difference according to the operational class of the phase comparator (see 4.2.1) shall be adjusted. In the table, operational class A is used as an example.

^b p.r. for phase relationship.

5.2.3.1 Influence of in-phase interference field

The test is considered as passed if the required indication in test series 1 and 2 appears.

5.2.3.2 Influence of phase opposition interference field

The test is considered as passed if the required indication in the test series 3 and 4 appears.

5.2.4 Clear perceptibility

5.2.4.1 Clear perceptibility of visual indication

The test set-up is given in figure 4.

The intensity of the light striking an unpolished grey screen with a reflectivity index of 18 % and the signal source of the indicator shall be:

- 50 000 lux $\pm$ 10 % for an outdoor type phase comparator with standard light D₅₅ according to CIE 15.2 corresponding to a colour temperature of 5 500 K $\pm$ 10 %;
- 1 000 lux $\pm$ 10 % for an indoor type phase comparator with a standard light temperature A in accordance with CIE 15.2 corresponding to a colour temperature of 2 856 K $\pm$ 10 %.

The pole containing the indication is positioned in direction of axis A – B and the signal source part is centred on the axis A – B in normal use, according to figure 4a.

L'indication «relation de phase incorrecte» doit être provoquée plusieurs fois à des intervalles irréguliers inconnus de l'observateur en établissant la tension ou la relation de phase correspondante sur l'électrode d'essai.

Trois observateurs d'acuité visuelle moyenne regardent vers l'indicateur à travers des trous de 5 mm dans la plaque de façade (voir figure 4b). La distance minimale entre la plaque avant et l'écran doit être de 1 500 mm.

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'indication est vue par les trois observateurs à travers chaque trou.

5.2.4.2 Perceptibilité indiscutable de l'indication sonore

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 3745 dans une zone semi-anéchoïque. Le niveau de bruit de fond dans la zone d'essai ne doit pas dépasser 60 dBA.

La perche contenant l'indication doit être disposée selon la figure 5, de façon que l'axe sonore du comparateur de phase soit parallèle au sol et au moins à 1,5 m de toute surface de réflexion du son.

Un plan de mesure doit être placé perpendiculairement à l'axe du son, à une distance de 400 mm de l'extrémité de la poignée de la perche isolante. La distance entre le plan de mesure et l'extrémité de la poignée peut être augmentée de 200 mm si cela permet de mesurer des intensités sonores supérieures.

L'indication «relation de phase incorrecte» doit être provoquée en établissant la tension ou la relation de phase correspondante sur l'électrode d'essai.

L'intensité sonore doit être mesurée aux points de mesure de la figure 5.

Les mesurages du son doivent être faits en utilisant l'équipement spécifié dans la CEI 60651. Pour un signal intermittent, utiliser la pondération de temps I.

Les mesurages de la distribution spatiale de l'intensité sonore dans la plage des fréquences entre 1 000 Hz et 4 000 Hz doivent être faits octave par octave pour l'indication «relation de phase incorrecte».

L'essai est considéré comme satisfaisant si les niveaux sonores minimaux dans au moins une octave sont supérieurs à

- 80 dBA pour un comparateur de phase à signal sonore continu;
- 77 dBA pour un comparateur de phase à signal sonore intermittent.

Quand il y a une indication visuelle supplémentaire, ces valeurs peuvent être diminuées de 10 dBA.

NOTE D'autres valeurs plus élevées peuvent être retenues entre le fabricant et le client pour des utilisations spécifiques en zones très bruyantes.

5.2.5 Influence de la fréquence

Les prescriptions données en 5.2.1 doivent être vérifiées avec une tolérance de $\pm 0,2$ % de la fréquence inférieure et de la fréquence supérieure de la gamme de fréquences nominales.

5.2.5.1 Glissement de fréquence

Cet essai n'est pas applicable pour un comparateur de phase résistif.

The indication "incorrect phase relationship" shall be caused several times at irregular intervals unknown to the observer by arranging the corresponding voltage or phase relation on the test electrode.

Three observers with average sight look towards the phase comparator, through the 5 mm holes in the front plate (see figure 4b). The minimum distance between the front plate and the screen shall be 1 500 mm.

The test is considered as passed if the indication is seen by the three observers through each hole.

5.2.4.2 Clear perceptibility of audible indication

The test shall be carried out in accordance with ISO 3745 in a semi-echo free area. The background noise level at the test area shall not exceed 60 dBA.

The pole containing the indication shall be arranged as shown in figure 5, in such a manner that the sound axis of the phase comparator is parallel to the ground and at least 1,5 m away from any sound-reflecting surfaces.

A measuring plane shall be established, perpendicular to the sound axis, at a distance of 400 mm from the end of the handle or the insulating pole. The distance between the measuring plane and the end of the handle can be increased by 200 mm if this will enable higher sound intensities to be measured.

The indication "incorrect phase relationship" shall be caused by arranging the corresponding voltage or phase relation on the test electrode.

The sound intensity shall be measured at the measuring points of figure 5.

The sound measurements shall be made using equipment specified in IEC 60651. For an intermittent signal, use time-weighting I.

Measurements of the spatial distribution of the sound intensity in the frequency range between 1 000 Hz and 4 000 Hz shall be made octave by octave for the indication "incorrect phase relationship".

The test is considered as passed if the minimum sound intensities within at least one octave is greater than

- 80 dBA for a phase comparator with continuous sound signal;
- 77 dBA for a phase comparator with intermittent sound signal.

When there is an additional visual indication, these values may be reduced by 10 dBA.

NOTE Other higher values may be agreed between manufacturer and customer for specific usage in very noisy areas.

5.2.5 Frequency dependence

The requirements given in 5.2.1 shall be verified with a tolerance of $\pm 0,2$ % of the lower frequency and of the higher frequency of the nominal frequency range.

5.2.5.1 Frequency shift

This test is not applicable for a resistive phase comparator.

Dans le premier essai, les prescriptions de 5.2.1.2 doivent être vérifiées avec un glissement de fréquence linéaire de 1 mHz/s pendant 5 s après l'indication «mémoire prête», en commençant à partir de la fréquence nominale.

Dans le second essai, les procédures d'essai de 5.2.1.2, série d'essais 1, doivent être appliquées avec un glissement de fréquence linéaire de 10 mHz/s pendant 5 s après l'indication «mémoire prête» en commençant à la fréquence nominale.

Le second essai doit être répété avec le temps de mesure maximal indiqué par le fabricant.

Ces deux derniers essais sont considérés comme satisfaisants si l'indication «relation de phase incorrecte» ou «indisponible» apparaît.

5.2.6 Temps de réponse

Deux tensions de $0,4 U_{n \min}$ ayant une différence de phase selon la classe du comparateur de phase (voir 4.2.1) doivent être appliquées aux électrodes d'essai A et B (voir figure 2). Après que la seconde perche du comparateur de phase ait été portée au contact de l'électrode B, le temps de réponse est mesuré. Le signal «relation de phase incorrecte» doit apparaître en moins de 1 s.

Le comparateur de phase unipolaire doit être déplacé de l'électrode d'essai A à l'électrode B après apparition du signal «mémoire prête». L'essai est considéré comme satisfaisant si le signal «relation de phase incorrecte» apparaît en l'espace de 1 s ou qu'une indication claire mentionne que l'indicateur est encore opérationnel.

5.2.7 Influence de la source d'alimentation

L'essai doit être effectué pour un comparateur de phase à source d'alimentation incorporée uniquement. Le comparateur de phase doit être connecté et mis en fonctionnement avec la différence de phase minimale qui provoque le signal «relation de phase incorrecte». Le comparateur de phase doit être retiré de la tension d'essai et, après coupure automatique ou manuelle, il doit être remis en marche de nouveau après 2 min. Ensuite, il doit être reconnecté une fois de plus à la tension d'essai.

Ces procédures doivent être répétées jusqu'à ce que

- une indication soit donnée que le comparateur de phase n'est plus opérationnel, ou que
- le comparateur de phase soit mis automatiquement hors service pour cette raison.

On note la chronologie de cet événement. Le temps écoulé est considéré comme le temps d'épuisement. L'essai est considéré comme satisfaisant si l'une des prescriptions mentionnées ci-dessus est remplie et si pendant chaque étape d'essai le signal «relation de phase incorrecte» apparaît.

Une fois que le temps d'épuisement de l'alimentation incorporée est connu, il est nécessaire d'exécuter cet essai seulement pendant le dernier tiers de ce temps.

NOTE Il est permis de réduire la période d'essai en utilisant d'autres méthodes donnant les mêmes résultats.

5.2.8 Vérification du dispositif de contrôle

Le dispositif de contrôle est actionné selon les instructions d'emploi.

Un signal visuel et, le cas échéant, sonore doit apparaître. Le dispositif de contrôle doit être activé trois fois et un signal doit apparaître chaque fois.

Le dessin du circuit doit être vérifié pour déterminer si tous les circuits sont essayés, sauf ceux mentionnés dans les instructions d'emploi.

In the first test, the requirements from 5.2.1.2 shall be verified with a linear frequency shift of 1 mHz/s during 5 s following indication "memory ready", starting from the nominal frequency.

In the second test, the test procedure of 5.2.1.2, test series 1, shall be applied with a linear frequency shift of 10 mHz/s during 5 s following indication "memory ready", starting from the nominal frequency.

The second test shall be repeated with the maximum measurement time given by the manufacturer.

These two last tests are considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" or "non-readiness" appears.

5.2.6 Response time

Two voltages of $0,4 U_{n \min}$ with a phase difference according to the class of the phase comparator (see 4.2.1) shall be applied to the test electrodes A and B (see figure 2). After the second pole of the phase comparator is brought into contact with electrode B, response time is measured. The signal "incorrect phase relationship" shall appear within 1 s.

The single-pole phase comparator shall be moved from test electrode A to test electrode B after the indication "memory ready" appears. The test is considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" appears within 1 s or there is a clear indication that the indicator is still operating.

5.2.7 Power source dependability

The test shall be performed for a phase comparator with built-in power sources only. The phase comparator shall be connected and operated with a minimum phase difference which causes the indication "incorrect phase relationship". The phase comparator shall be removed from the test voltage and after switching off either automatically or manually it shall be switched on again after 2 min. Then it shall be connected to the test voltage once more.

These procedures shall be repeated until

- an indication is given that the phase comparator is no longer operational, or
- the phase comparator is switched off automatically for that reason.

The time of this event is noted. The elapsed time is considered the decay period. The test is considered as passed if one of the above-mentioned requirements is fulfilled and if, during each test step, the signal 'incorrect phase relationship' appears.

Once the decay period of the built-in power source is known, it is only necessary to perform this test during the last third of this time frame.

NOTE The test period may be reduced by using other methods giving the same results.

5.2.8 Check of testing element

The testing element is activated according to the instructions for use.

A visual and, if provided, an audible signal shall appear. The test element shall be activated three times, and a signal shall appear each time.

The circuit drawing shall be checked to verify that all circuits are tested, except those mentioned in the instructions for use.

5.2.9 Temps de fonctionnement

5.2.9.1 Comparateur de phase capacitif

Une tension d'essai de $1,2 U_r$, décalée en phase pour obtenir le signal «relation de phase incorrecte» doit être appliquée à l'électrode ou aux électrodes de contact pendant 1 min.

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'émission du signal est ininterrompue pendant toute la période d'essai.

5.2.9.2 Comparateur de phase résistif

Une tension d'essai en courant alternatif de $1,2 U_r$ doit être appliquée entre les électrodes de contact du comparateur de phase pendant 1 min.

L'essai est considéré comme satisfaisant s'il y a un signal actif ininterrompu «relation de phase incorrecte» pour toute la période d'essai.

5.3 Essais diélectriques

5.3.1 Matériaux isolants

Ces essais doivent être effectués uniquement pour les matériaux qui ne sont pas couverts par la CEI 60855 ou par la CEI 61235.

Les parties isolantes qui font entre 60 mm et 200 mm de longueur doivent être essayées sur toute leur longueur. Pour les longueurs plus importantes, des éprouvettes de 200 mm doivent être fabriquées. Les extrémités des éprouvettes ne doivent pas être obturées pour l'essai.

Une bande d'approximativement 0,5 mm d'épaisseur et de 10 mm de largeur doit être enlevée sur toute la longueur de l'axe de chaque éprouvette. L'éprouvette doit être plongée dans de l'eau ayant une résistivité de $100 \Omega \cdot m$ à une température de $40^\circ C \pm 2 K$ pendant 96 h.

A la fin de cette période, l'eau adhérente doit être essuyée. Une électrode-ruban de 20 mm de largeur en matériau conducteur doit être immédiatement appliquée sur la surface extérieure, aux deux extrémités de l'éprouvette. Après une période de séchage de $15 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$, dans une salle à une température de $23^\circ C \pm 3 K$, une tension d'essai de 1 kV/cm doit être appliquée pendant 5 min. A aucun moment le courant ne doit être supérieur à 50 μA pendant les 4 dernières minutes.

Après avoir enlevé les éprouvettes, le courant traversant le montage d'essai ne doit pas dépasser 10 μA avec application de la tension d'essai.

5.3.2 Protection de contournement

5.3.2.1 Comparateur de phase capacitif intérieur/extérieur

Chaque perche du comparateur de phase doit être soumise aux essais.

La tension d'essai doit être appliquée aux barres, comme indiqué à la figure 6.

La dimension d_1 , correspondant à la tension nominale, est donnée au tableau 4. La dimension d_2 doit être calculée comme suit:

$$d_2 = A_1 + d_1 + 200 \text{ (les dimensions de } d_2, A_1, d_1 \text{ sont en millimètres)}$$

où A_1 est la profondeur d'insertion (voir figure 1).

5.2.9 Time rating

5.2.9.1 Capacitive phase comparator

A test voltage of $1,2 U_r$, shifted in phase to obtain the indication "incorrect phase relationship", shall be applied to the contact electrode/s for 1 min.

The test is considered as passed if the emission of the signal is uninterrupted for the duration of the test period.

5.2.9.2 Resistive phase comparator

A test voltage of $1,2 U_r$ shall be applied between the contact electrodes of the phase comparator for 1 min.

The test is considered as passed if there is an uninterrupted active signal "incorrect phase relationship" for the duration of the test period.

5.3 Dielectric tests

5.3.1 Insulating materials

These tests shall be only performed for material which is not covered by IEC 60855 or IEC 61235.

Insulating parts which are between 60 mm and 200 mm long shall be tested over their entire length. For longer lengths, test pieces of 200 mm shall be made. The ends of the test pieces shall not be sealed for the test.

A strip, approximately 0.5 mm thick and 10 mm wide, shall be removed over the entire length of the axis of each test piece. The test piece shall be conditioned in water having a resistivity of $100 \Omega \cdot m$ at a temperature of $40^\circ C \pm 2 K$ for 96 h.

At the end of this period, adhering water shall be wiped off. A 20 mm wide band electrode of conductive material shall be immediately applied on the exterior surface, at both ends of the test piece. After a drying period of $15 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$, in a room at a temperature of $23^\circ C \pm 3 K$, a test voltage of 1 kV/cm for 5 min shall be applied. The current shall not be greater than 50 μA at any time during the last 4 min.

After removal of the test pieces, the current passing through the test set-up shall not exceed 10 μA with the test voltage applied.

5.3.2 Protection against bridging

5.3.2.1 Indoor/outdoor capacitive phase comparator

Each pole of the phase comparator shall be tested.

The test voltage shall be applied to the bars, as shown in figure 6.

The dimension d_1 , corresponding to the nominal voltage, is given in table 4. Dimension d_2 shall be calculated as follows:

$$d_2 = A_1 + d_1 + 200 \text{ (dimensions of } d_2, A_1, d_1 \text{ are in millimetres)}$$

where A_1 is the insertion depth (see figure 1).

La tension d'essai doit être de $1,2 U_r$.

Pour un comparateur de phase ayant une plage de tensions nominales, l'essai doit être effectué aux tensions nominales la plus faible et la plus élevée.

A l'écartement étroit d_1 , le comparateur de phase doit être placé sur la barre avant et son électrode de contact pressée sur la barre arrière. Il est ensuite roulé le long des barres jusqu'à la position finale, l'électrode de contact restant en contact avec la barre arrière (voir figure 7).

L'essai est considéré comme satisfaisant en l'absence de contournement ou de claquage.

Tableau 4 – Ecartements étroits pour essais de protection de contournement

Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3
U_n	d_1	d_3
kV	Ecartement étroit, intérieur mm	Ecartement des électrodes-rubans, extérieur mm
$U_n \leq 7,2$	50	150
$7,2 < U_n \leq 12$	60	150
$12 < U_n \leq 17,5$	85	180
$17,5 < U_n \leq 24$	115	215
$24 < U_n \leq 36$	180	325

5.3.2.2 Comparateur de phase capacitif extérieur

Chaque perche du comparateur de phase doit être soumise aux essais.

La perche doit être équipée de deux électrodes-ruban conductrices, d'approximativement 20 mm de largeur qui sont enroulées autour du tube, une à l'électrode de contact et l'autre dans la direction de la poignée à une distance d_3 spécifiée au tableau 4.

Les électrodes-ruban doivent être protégées au moyen de deux anneaux concentriques ayant un diamètre extérieur minimal de 200 mm et au moins de 30 mm de diamètre en section droite. Les anneaux doivent être raccordés électriquement aux électrodes-ruban.

Une électrode-ruban et l'électrode de contact doivent être connectées à une source de tension en courant alternatif, et l'autre électrode-ruban en direction de la poignée doit être connectée à la terre.

L'aspersion doit être réalisée conformément à 5.1.3.

La perche doit être positionnée avec un angle d'inclinaison de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale, de telle façon que son électrode de contact soit dirigée vers le bas et que la pluie tombe avec un angle d'environ 45° par rapport à la verticale (c'est-à-dire avec un angle d'environ 65° par rapport au comparateur de phase) (voir figure 8).

Il convient que l'aspersion sur la section d'essai soit aussi uniforme que possible.

La perche doit être arrosée pendant 3 min. Ensuite, elle doit être tournée de 180° en moins de 1 min de telle façon que l'électrode de contact soit dirigée vers le haut et arrosée pendant 2 min supplémentaires.

The test voltage shall be of $1,2 U_r$.

For a phase comparator with a nominal voltage range, the test shall be carried out at the lowest and the highest nominal voltages.

At the narrow point d_1 , the phase comparator shall be placed on the front bar, and its contact electrode pressed against the rear bar. It is then rolled along the bars to the final position with the contact electrode remaining in contact with the rear bar (see figure 7).

The test is considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

Table 4 – Narrow point spacings for testing of protection against bridging

Column 1	Column 2	Column 3
U_n	d_1	d_3
kV	Narrow point spacing, indoor mm	Band electrodes spacing, outdoor mm
$U_n \leq 7,2$	50	150
$7,2 < U_n \leq 12$	60	150
$12 < U_n \leq 17,5$	85	180
$17,5 < U_n \leq 24$	115	215
$24 < U_n \leq 36$	180	325

5.3.2.2 Outdoor capacitive phase comparator

Each pole of the phase comparator shall be tested.

The pole shall be fitted with two conductive band electrodes, approximately 20 mm in width, which are wound around the tube, one at the contact electrode and the other in the direction of the handle at a distance d_3 specified in table 4.

The band electrodes shall be shielded by means of two conductive concentric rings having a minimum outside diameter of 200 mm and at least 30 mm diameter in cross-section. The rings shall be electrically connected to the band electrodes.

The contact electrode and one band electrode shall be connected to an a.c. voltage source, and the other band electrode in the direction of the handle, shall be connected to earth.

Precipitation shall be performed in accordance with 5.1.3.

The pole shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, in such a way that its contact electrode points downwards, and the rain falls at an angle of roughly 45° to the vertical (i.e. at an angle of roughly 65° to the phase comparator) (see figure 8).

The precipitation on the test section should be as uniform as possible.

The pole shall be wetted for 3 min. Then, it shall be turned 180° within 1 min so that the contact electrode points upwards, and wetted for an additional 2 min.

Ensuite, la tension d'essai de $1,2 U_r$ doit être appliquée pendant 1 min sous pluie continue.

Dans le cas d'un comparateur de phase avec une plage de tensions nominales, l'essai doit être réalisé

- pour la plus basse et la plus haute tension nominale, dans le cas d'une plage de tensions nominales avec une tension nominale supérieure ne dépassant pas deux fois la tension nominale inférieure;
- pour la plus basse, la moyenne et la plus haute tension nominale, dans le cas d'une plage de tensions nominales avec une tension nominale supérieure dépassant deux fois la tension nominale inférieure.

Les électrodes-ruban doivent être déplacées section par section, toujours maintenues à une même distance d_3 , de telle façon que les sections se recouvrent approximativement de 50 %.

Cet essai doit être répété jusqu'à ce que l'électrode à la terre soit à une distance d_4 de l'électrode de contact et

$$d_4 = A_1 + d_3$$

L'essai est considéré comme satisfaisant s'il ne se produit pas de claquage.

5.3.2.3 Comparateur de phase résistif intérieur/extérieur

Etape d'essai 1

Les deux perches doivent être soumises aux essais l'une après l'autre. A l'écartement étroit, la perche à essayer doit être placée sur la barre avant et son électrode de contact appuyant sur la barre arrière. Ensuite, on procède à un déplacement le long de son axe jusqu'à la distance d_2 (voir 5.3.2.1) et à une rotation autour de son axe de manière à ce que, dans la mesure du possible, toutes les parties de la perche entrent en contact avec la barre avant. Ainsi, la seconde perche doit être placée à une distance suffisante, de manière à ce que le conducteur de raccordement soit tendu et également soumis aux essais jusqu'à l'extension donnée par la dimension d_2 (voir figure 7).

Etape d'essai 2

Le comparateur de phase doit de nouveau être placé sur les barres au point d'écartement d_1 , l'électrode de contact étant placée sur la barre arrière. On le fait ensuite tourner sans rouler et on le pousse vers l'avant jusqu'à ce que la marque-limite soit sur la barre arrière (voir figure 9).

Etape d'essai 3

Le conducteur de raccordement étant tendu, les deux perches doivent être maintenues de telle manière que le conducteur de raccordement soit sur les deux barres au point d'écartement étroit et qu'une perche soit contre la surface extérieure de la barre arrière. Le conducteur de raccordement étant toujours tendu, le comparateur de phase doit ensuite être retiré jusqu'à ce que l'autre perche soit contre la surface extérieure de la barre avant (voir figure 10).

L'essai est considéré comme satisfaisant s'il ne se produit ni contournement ni claquage durant chacun de ces essais.

Then, the test voltage of $1,2 U_r$ shall be applied for 1 min while the rain continues.

In the case of a phase comparator with a nominal voltage range, the test shall be conducted

- for the lower and higher nominal voltages in the case of a nominal voltage range with higher nominal voltage not greater than twice the lower nominal voltage;
- for the lowest, medium and highest nominal voltage in the case of a nominal voltage range with higher nominal voltage greater than twice the lower nominal voltage.

The band electrodes shall be shifted section by section, always maintaining the same distance d_3 , so that the sections overlap by approximately 50 %.

This test shall be repeated until the earthed electrode is at the distance d_4 from the contact electrode and

$$d_4 = A_1 + d_3$$

The test is considered as passed if no breakdown occurs.

5.3.2.3 Indoor/outdoor resistive phase comparator

Test run 1

Both poles shall be tested in succession. At the narrow point, the pole to be tested shall be placed on the front bar and its contact electrode pressed against the rear bar. It is then moved, across its axis, to the distance d_2 (see 5.3.2.1) and turned around its axis in such a manner that, as far as possible, all parts of the pole come into contact with the front bar. In doing so, the second pole shall be so conducted, at sufficient distance, that the connecting lead is stretched and also tested up to the spread given by the dimension d_2 (see figure 7).

Test run 2

The phase comparator shall again be placed on the bars at the narrow point d_1 with the contact electrode placed on the rear bar. It is then turned around without rolling, and pushed forward until the limit mark is on the rear bar (see figure 9).

Test run 3

With the connecting lead being stretched, both poles shall be held in such a manner that the connecting lead lies on both bars at the narrow point and that the one pole lies against the outer side of the rear bar. With the connecting lead still being stretched, the phase comparator shall then be moved until the other pole lies against the outer side of the front bar (see figure 10).

The test is considered as passed if no breakdown or flashover occurs during either of the test runs.

5.3.2.4 Comparateur de phase résistif extérieur

L'essai selon 5.3.2.2 doit être réalisé sur chaque perche.

L'essai est considéré comme satisfaisant s'il n'y a pas de claquage.

5.3.3 Résistance à l'amorçage

Pour l'essai suivant, le comparateur de phase doit être activé si nécessaire.

En utilisant le montage d'essai indiqué à la figure 6, les barres doivent être mises de manière approximativement parallèle à une distance égale au moins à d_1 conformément au tableau 4 et de telle manière que la barre avant puisse servir de support pour les étapes d'essai suivantes. La tension d'essai doit être de $1,2 U_T$.

5.3.3.1 L'électrode de contact d'une perche doit être connectée à la barre avant. L'autre perche (le cas échéant) doit être posée avec son électrode de contact sur la barre arrière et ensuite déplacée vers l'arrière jusqu'à ce qu'il y ait une décharge d'étincelles permanente. Le comparateur de phase doit être maintenu dans cette position pendant 1 min. S'il n'y a pas de décharge d'étincelles permanente, l'essai est terminé.

5.3.3.2 L'électrode de contact de la perche sans indicateur doit être connectée à la barre avant. L'autre perche doit être déplacée avec son indicateur vers la barre arrière jusqu'à ce qu'il la touche; dans cette position, la perche doit être tournée. S'il y a une décharge entre la barre et l'indicateur, la perche doit être maintenue dans cette position. En maintenant la décharge, la perche doit être tournée et déplacée pendant 1 min de manière à ce que la décharge d'étincelles puisse échauffer toutes les parties de la surface.

S'il n'y a pas de décharge d'étincelles, l'essai est terminé. S'il y a un indicateur sur chaque perche, cet essai doit être effectué sur chaque perche.

Dans le cas d'un comparateur de phase unipolaire, la référence à l'autre perche dans la procédure d'essai ci-dessus doit être ignorée.

L'essai est considéré comme satisfaisant s'il n'y a aucun dommage pour le comparateur de phase et que le fonctionnement du comparateur de phase n'est pas interrompu.

5.3.4 Courant de fuite

Pour le comparateur de phase en une seule partie seulement.

5.3.4.1 Comparateur de phase résistif intérieur/extérieur

Une électrode-ruban d'une largeur minimale de 50 mm doit être enroulée autour de la poignée de chaque perche de manière directement adjacente au garde-main et reliée à la terre via l'équipement de mesure du courant.

Le conducteur de raccordement doit être tendu ou soutenu par des supports isolants de façon à ce que sa distance par rapport à la terre ou par rapport au support de base soit d'au moins 300 mm.

Une tension d'essai de $1,2 U_T$ doit être appliquée entre l'électrode de contact du comparateur de phase et la terre.

La tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min, pour l'essai individuel de série pendant 30 s, et le courant de fuite doit être mesuré pour chaque perche.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le courant de fuite maximal ne dépasse pas 0,5 mA pour chaque perche.

5.3.2.4 Outdoor resistive phase comparator

The test according to 5.3.2.2 shall be carried out on each pole.

The test is considered as passed if no breakdown occurs.

5.3.3 Spark resistance

For the following test, the phase comparator shall be activated, if necessary.

Using the test set-up shown in figure 6, the bars shall be put up approximately parallel at a distance of at least d_1 in accordance with table 4 and in such a manner that the front bar may serve as support for the subsequent test runs. The test voltage shall be of $1,2 U_r$.

5.3.3.1 The contact electrode of one pole shall be connected to the front bar. The other pole (if provided) shall be laid with its contact electrode on the rear bar and then moved back until there is a standing spark discharge. The phase comparator shall be kept in this position for 1 min. If there is no permanent spark discharge, the test is completed.

5.3.3.2 The contact electrode of the pole without indicator shall be connected to the front bar. The other pole shall be moved with its indicator towards the rear bar until they touch. In this position, the pole shall be turned. If there is a discharge between bar and indicator, the pole shall be kept in this position. Maintaining the discharge the pole shall be turned and displaced for 1 min in such a manner that the spark discharge can heat all parts of the surface.

If there is no spark discharge, the test is completed. If there is an indicator on both poles, this test shall be performed on each pole.

In the case of a single-pole phase comparator, the reference to the other pole in the above test procedure shall be ignored.

The test is considered as passed if there is no damage to the phase comparator and the phase comparator is not shut-off.

5.3.4 Leakage current

For single unit type phase comparator only.

5.3.4.1 Indoor/outdoor resistive phase comparator

A band electrode, of a minimum width of 50 mm, shall be wound on the handle of each pole directly adjacent to the hand guard, and connected to earth via current-measuring equipment.

The connecting lead shall be stretched or supported by insulating materials in such a way that its distance from ground or from the base support is at least 300 mm.

A test voltage of $1,2 U_r$ shall be applied between the contact electrodes of the phase comparator and earth.

The test voltage shall be applied for 1 min and the leakage current shall be measured for each pole. For the routine test, the test voltage shall be applied for 30 s.

The test is considered as passed if the maximum leakage current for each pole does not exceed 0,5 mA.

5.3.4.2 Comparateur de phase résistif extérieur

Les électrodes et le matériel de mesure sont tels que décrit dans 5.3.4.1.

Le comparateur de phase doit être aligné avec un angle d'inclinaison de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale, de telle façon que son électrode de contact soit dirigée vers le bas et que la pluie tombe avec un angle d'environ 45° par rapport à la verticale (c'est à dire avec un angle d'environ 65° par rapport au comparateur de phase) (voir figure 8). Il convient que l'aspersion soit aussi uniforme que possible.

Le comparateur de phase doit être aspergé pendant 15 min. Puis il doit être tourné de 180° en moins de 1 min, de façon que son électrode de contact soit dirigée vers le haut et qu'il soit aspergé pendant 3 min supplémentaires.

Pendant que la pluie continue, la tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min et le courant de fuite mesuré.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le courant de fuite maximal ne dépasse pas 0,5 mA pour chaque perche.

5.3.4.3 Comparateur de phase capacitif intérieur/extérieur

Dans le montage d'essai donné en 5.3.4.1, on doit soumettre aux essais les deux perches ou la perche unique dans le cas d'un comparateur de phase unipolaire.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le courant de fuite maximal ne dépasse pas 0,5 mA pour chaque perche.

5.3.4.4 Comparateur de phase capacitif extérieur

Les électrodes et le matériel de mesure sont ceux décrits en 5.3.4.1.

Le comparateur de phase doit être aligné selon un angle d'inclinaison de $20^\circ \pm 5^\circ$ par rapport à la verticale, de telle façon que son électrode de contact soit dirigée vers le bas et que la pluie tombe avec un angle d'environ 45° par rapport à la verticale (c'est-à-dire avec un angle d'environ 65° par rapport au comparateur de phase) (voir figure 8). Il convient que l'aspersion sur la section d'essais soit aussi uniforme que possible.

Le comparateur de phase doit être aspergé pendant 15 min. Ensuite, il doit subir une rotation de 180° en l'espace de 1 min, de manière que l'électrode de contact soit dirigée vers le haut et qu'il soit aspergé pendant 3 min supplémentaires.

Pendant que la pluie continue, la tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min et le courant de fuite mesuré.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le courant de fuite maximal ne dépasse pas 0,5 mA pour chaque perche.

5.3.5 Élément isolant et élément résistif

Applicable seulement au comparateur de phase unipolaire.

Deux électrodes-ruban conductrices adhésives, d'approximativement 20 mm de largeur et distantes de 300 mm, doivent être enroulées sur l'élément isolant/résistif. Le premier ruban doit être adjacent au garde-main en direction de l'électrode de contact.

Les électrodes-ruban doivent être protégées au moyen de deux anneaux concentriques conducteurs ayant un diamètre extérieur minimal de 200 mm et d'au moins 30 mm de diamètre de section droite. Les anneaux doivent être raccordés électriquement aux électrodes-ruban.

5.3.4.2 Outdoor resistive phase comparator

Electrodes and measuring equipment are as described in 5.3.4.1.

The phase comparator shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, in such a way that its contact electrode points downwards and the rain falls at an angle of roughly 45° to the vertical (i.e. at an angle of roughly 65° to the phase comparator) (see figure 8). The precipitation on the test section should be as uniform as possible.

The phase comparator shall be wetted for 15 min. Then, it shall be turned 180° within 1 min, so that the contact electrode points upwards, and wetted for an additional 3 min.

While rain continues, the test voltage shall be applied for 1 min, and the leakage current shall be measured.

The test is considered as passed if the maximum leakage current for each pole does not exceed 0,5 mA.

5.3.4.3 Indoor/outdoor capacitive phase comparator

In the test arrangement given in 5.3.4.1 both poles or, in the case of a single-pole phase comparator, the single pole shall be tested.

The test is considered as passed if the maximum leakage current for each pole does not exceed 0,5 mA.

5.3.4.4 Outdoor capacitive phase comparator

Electrodes and measuring equipment are as described in 5.3.4.1.

The phase comparator shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, in such a way that its contact electrode points downwards and the rain falls at an angle of roughly 45° to the vertical (i.e. at an angle of roughly 65° to the phase comparator) (see figure 8). The precipitation on the test section should be as uniform as possible.

The phase comparator shall be wetted for 15 min. Then, it shall be turned 180° within 1 min, so that the contact electrode points upwards, and wetted for an additional 3 min.

While rain continues, the test voltage shall be applied for 1 min, and the leakage current shall be measured.

The test is considered as passed if the maximum leakage current for each pole does not exceed 0,5 mA.

5.3.5 Insulating element and resistive element

For single unit type phase comparator only.

Two adhesive conductive band electrodes, approximately 20 mm wide and 300 mm apart, shall be wound on the insulating/resistive element. The first band shall be adjacent to the handguard in the direction of the contact electrode.

The band electrodes shall be shielded by means of two conductive concentric rings having a minimum outside diameter of 200 mm and at least 30 mm diameter in cross-section. The rings shall be electrically connected to the band electrodes.

Les anneaux doivent être montés sur le tube à l'emplacement des électrodes-rubans, disposés parallèlement l'un à l'autre et reliés à la source de tension d'essai.

Une tension d'essai de 100 kV doit être appliquée pendant 1 min.

Pour un comparateur de phase bipolaire, l'essai est reconduit avec la seconde perche.

L'essai est considéré comme satisfaisant si aucun claquage ou contournement n'intervient.

5.3.6 Rigidité diélectrique du conducteur de raccordement et du conducteur de terre

Pour ces essais, l'échantillon et le montage d'essai doivent avoir la température requise.

Les fils hélicoïdaux doivent être tendus; la longueur étendue doit être considérée comme la longueur d'essai.

NOTE Le fournisseur de câble peut exécuter les essais et fournir les rapports correspondants.

5.3.6.1 L'échantillon doit être disposé en une boucle de façon que les deux extrémités soient électriquement reliées à un pôle d'une alimentation d'essai monophasé; l'autre pôle est relié au bain d'eau qui est mis à la terre.

La boucle doit être immergée dans un bain d'eau de ville ayant une résistivité spécifique inférieure ou égale à 100 $\Omega \cdot m$. La longueur de la portion immergée de l'éprouvette doit être de 2 m.

La portion de conducteur isolé au-dessus de l'eau doit être telle qu'aucun contournement ne survienne le long de la surface du conducteur.

Une tension d'essai de $1,2 U_r$ doit être appliquée pendant 1 min.

L'essai est considéré comme satisfaisant si l'isolement n'est pas perforé.

NOTE Pour l'essai de routine sur chaque longueur de conducteur, il est possible d'utiliser un essai équivalent donnant les mêmes résultats.

5.3.6.2 Un échantillon de 1,2 m de longueur du conducteur avec une extrémité repérée, placé sur un support horizontal lisse et dur, doit être chargé avec une force de 10 N pendant 1 min à une température de 70 °C. La charge doit être appliquée à 400 mm de l'extrémité repérée par rapport au haut et en diagonale par rapport à l'axe longitudinal au moyen d'une lame en acier.

La lame doit être arrondie selon un rayon de 0,25 mm; elle doit avoir une largeur de 0,5 mm, une hauteur d'au moins 10 mm et une longueur d'au moins 25 mm. Sans tourner l'échantillon autour de son axe, on doit recommencer la procédure d'essai quatre fois à une distance de 50 mm en avançant vers l'autre extrémité.

La température étant de $-25 \text{ °C} \pm 3 \text{ K}$, l'échantillon doit être enroulé en sept couches de manière serrée autour d'un mandrin d'un diamètre de 30 mm, en commençant à partir de l'extrémité repérée.

La vitesse d'enroulement doit être d'environ un enroulement en 5 s. L'échantillon doit être déroulé à température ambiante. L'essai doit être répété neuf fois, chaque fois avec l'échantillon torsadé selon un angle de 180° autour de l'axe longitudinal.

Après l'essai mécanique, l'élément d'essai doit être soumis aux essais de 5.3.6.1.

The rings shall be mounted on the tube at the band electrodes, placed parallel to each other and connected to the test voltage source.

The test voltage of 100 kV shall be applied for 1 min.

For a double-pole phase comparator, the test shall be repeated with the second pole.

The test is considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

5.3.6 Dielectric strength of connecting lead and earth lead

For these tests, the test piece as well as the test set-up shall have the required temperature.

Helical leads shall be stretched; the stretched length shall be considered as the test length.

NOTE The supplier of the cable can manage these tests and provide the corresponding reports.

5.3.6.1 The sample shall be arranged in a loop so that the two ends are electrically connected to one pole of a single-phase test supply; the other pole is connected to the water bath which is put to earth.

The loop shall be immersed in a bath of tap water having a specific resistivity less than or equal to 100 $\Omega \cdot \text{m}$. The length of the immersed portion of the test piece shall be 2 m.

The portion of insulated lead above the water shall be such that no flashover occurs along the surface of the lead.

A test voltage of $1,2 U_r$ shall be applied for 1 min.

The test shall be considered as passed if no puncture occurs in the insulation.

NOTE For the routine test on all length of lead, an equivalent test giving the same results could be used.

5.3.6.2 A 1,2 m long test piece of the lead with a marked end, placed on a horizontal, smooth and hard base support, shall be loaded with a force of 10 N for 1 min at a temperature of 70 °C. The load shall be applied 400 mm away from the marked end from above and diagonal to the long axis by means of a steel cutting edge.

The cutting edge shall be rounded with a radius of 0,25 mm; it shall have a width of 0,5 mm, a height of at least 10 mm and a length of at least 25 mm. Without turning the test piece around its axis, the test procedure shall be repeated four times at a distance of 50 mm advancing towards the other end.

At a temperature of $-25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, the test piece shall be wound with seven windings closely around a steel spindle having a diameter of 30 mm, starting from the marked end.

The winding speed shall be approximately one winding in 5 s. The test piece shall be unwound at ambient temperature. The test run shall be repeated nine times, each time with the test piece twisted by an angle of 180° around the long axis.

After the mechanical test, the test piece shall be tested according to 5.3.6.1.

5.3.7 Courant de circulation (pour comparateur de phase résistif uniquement)

5.3.7.1 Comparateur de phase avec conducteur de terre

Le conducteur de terre du comparateur de phase doit être connecté à la terre par le dispositif de mesure de courant. Le courant qui traverse le comparateur de phase doit être mesuré avec une tension d'essai de $1,2 U_r$ appliquée aux deux électrodes de contact des deux perches.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le courant de circulation maximal reste en dessous de 3,5 mA.

5.3.7.2 Comparateur de phase sans conducteur de terre

Le courant qui traverse le comparateur de phase doit être mesuré avec la tension de $1,2 U_r$ appliquée entre les deux électrodes de contact.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le courant de circulation maximal reste en dessous de 3,5 mA.

5.4 Essais mécaniques

5.4.1 Contrôle visuel et dimensionnel

5.4.1.1 Contrôle visuel

Le comparateur de phase complet doit être essayé pour vérifier sa conformité avec 4.4.1 et avec les instructions d'emploi. On doit vérifier que l'utilisateur n'a pas accès aux réglages conformément à 4.2.1.1.

5.4.1.2 Contrôle dimensionnel

On doit vérifier la conformité du comparateur de phase avec les prescriptions de 4.4.2.

5.4.2 Force de préhension et flèche

La/les perche(s) du comparateur de phase assemblé doivent être maintenues en position horizontale au moyen de deux supports. Le support de l'extrémité de contact (support avant) doit être situé à 50 mm du garde-main, en direction de l'extrémité de la poignée. Le support de la poignée (support arrière) doit être situé à 50 mm de l'extrémité de la poignée. La distance entre les deux supports ne doit jamais dépasser 1 000 mm (voir figure 11).

La force de préhension doit être mesurée au niveau du support avant et doit être inférieure à 200 N.

Dans la position d'essai décrite ci-dessus, la flèche de chaque perche doit être mesurée. La valeur ne doit pas dépasser 10 % de la longueur totale de chaque perche.

5.4.3 Solidité du conducteur de raccordement, du conducteur de terre et des liaisons

Les essais décrits en 5.4.3.1, 5.4.3.2 et 5.4.3.3 doivent s'appliquer au conducteur de raccordement et au conducteur de terre (le cas échéant).

5.3.7 Circuit current (for resistive phase comparator only)

5.3.7.1 Phase comparator with earth lead

The earth lead of the phase comparator shall be connected to earth via a current measuring device. The current through the phase comparator shall be measured with a test voltage of $1,2 U_r$ applied to both contact electrodes of both poles.

The test is considered as passed if the maximum circuit current remains below 3,5 mA.

5.3.7.2 Phase comparator without earth lead

The current through the phase comparator shall be measured with a voltage of $1,2 U_r$ applied between both contact electrodes.

The test is considered as passed if the maximum circuit current remains below 3,5 mA.

5.4 Mechanical tests

5.4.1 Visual and dimensional inspection

5.4.1.1 Visual inspection

The complete phase comparator shall be tested for compliance with 4.4.1 and instructions for use. It shall be verified that the user does not have access to the settings according to 4.2.1.1.

5.4.1.2 Dimensional inspection

The phase comparator shall be checked for compliance with the requirements of 4.4.2.

5.4.2 Grip force and deflection

The pole/poles of the assembled phase comparator shall be kept in a horizontal position by means of two supports. The contact end support (front support) shall be located 50 mm from the hand guard, towards the end of the handle. The handle end support (rear support) shall be located 50 mm from the end of the handle. The distance between the two supports shall never exceed 1 000 mm (see figure 11).

The grip force shall be measured at the front support and shall be less than 200 N.

In the test position described above, the deflection of each pole shall be measured. The value shall not exceed 10 % of the total length of each pole.

5.4.3 Robustness of connecting lead, earth lead and connections

The tests in 5.4.3.1, 5.4.3.2 and 5.4.3.3 shall be applied to connecting lead and earth lead (if provided).

5.4.3.1 Montage d'essai

Le comparateur de phase doit être fixé perpendiculairement à son axe longitudinal de manière à ce qu'il puisse osciller dans le plan vertical. Il doit être fixé de manière que le centre de rotation soit situé 20 mm au-dessus du point de sortie du conducteur de raccordement. Le comparateur de phase doit être positionné de manière que la direction de sortie du conducteur de raccordement constitue un angle de 50° avec la verticale. Cela correspond à l'équilibre statique du comparateur de phase.

Le conducteur de raccordement est soumis à une force de 10 N agissant en un point situé approximativement à 200 mm sous le point d'où le conducteur sort du comparateur de phase (voir figure 12a).

5.4.3.2 Essai dans le plan vertical

Dans la position décrite en 5.4.3.1, le comparateur de phase ainsi fixé doit osciller d'un angle de $\pm 45^\circ$ (voir figure 12b et les flèches correspondantes). Dix mille oscillations d'une période de 0,5 s à 1,0 s doivent être réalisées.

Cette partie de l'essai est considérée comme satisfaisante si le comparateur de phase ou le conducteur de raccordement ne présente aucun dommage apparent.

5.4.3.3 Essai dans le plan horizontal

L'essai est répété dans la même position mais avec un axe de rotation qui coïncide avec l'axe longitudinal du support vertical (voir figure 12b et les flèches correspondantes).

Cette partie de l'essai doit être considérée comme satisfaisante si le comparateur de phase ou le conducteur de raccordement ne présentent aucun dommage apparent.

5.4.3.4 Essais statiques sur le conducteur de raccordement et les liaisons

En complément aux essais précédents, la force agissante est portée à 200 N pendant 1 min avec le conducteur de raccordement en position verticale et le comparateur de phase maintenu en équilibre statique.

Ensuite, la cosse ou la pince de terre équipant le conducteur doit être solidement attachée à une barre horizontale de manière que le conducteur de raccordement pende librement en position verticale.

Une force de 200 N doit être appliquée au conducteur de raccordement en bas de la cosse ou de la pince de terre pendant 1 min.

L'ensemble de l'essai est considéré comme satisfaisant s'il n'y a pas de dommage apparent sur le comparateur de phase ou le conducteur de terre et si la cosse ou la pince ne s'échappent pas de la barre.

5.4.4 Résistance aux vibrations

La méthode d'essai doit être conforme à la CEI 60068-2-6.

Le comparateur de phase sans perche isolante (si possible) doit être attaché au générateur de vibrations au moyen de pièces intermédiaires rigides qui ne doivent pas affecter les résultats d'essai.

Pour amortir les oscillations de grande amplitude qui peuvent être induites dans l'électrode de contact pendant l'essai, les extrémités libres des électrodes doivent être attachées à la partie rigide.

5.4.3.1 Test set-up

The phase comparator shall be fastened perpendicular to its long axis such that it can oscillate in the vertical plane. It shall be fastened so that the centre of rotation is situated 20 mm above the point of emergence of the lead. The phase comparator shall be positioned so that the direction of the emergence of the lead is at an angle of 50° to the vertical. This corresponds to the static position of the phase comparator.

The lead shall be loaded with an acting force of 10 N at a point approximately 200 mm below the point at which the lead emerges from the phase comparator (see figure 12a).

5.4.3.2 Test in the vertical plane

From the position described in 5.4.3.1, the fastened phase comparator shall be oscillated through an angle of $\pm 45^\circ$ (see figure 12b and corresponding arrows). Ten thousand oscillations with a period of 0,5 s to 1,0 s shall be carried out.

This part of the test shall be considered as passed if there is no visible damage to the phase comparator or the lead.

5.4.3.3 Test in the horizontal plane

The test shall be repeated in the same position, but with an axis of rotation that coincides with the long axis of the vertical support (see figure 12b and corresponding arrows).

This part of the test shall be considered as passed if there is no visible damage to the phase comparator or the lead.

5.4.3.4 Static tests on earth lead and connections

In addition to the previous tests, the acting force shall be increased to 200 N for 1 min with the earth lead in the vertical position and the fastened phase comparator in the static position.

Then, the clip or clamp of the lead shall be attached firmly to a horizontal bar so that the earth lead hangs down freely in the vertical position.

An acting force of 200 N shall be applied to the earth lead, below the clip or clamp, for 1 min.

The complete test is considered as passed if there is no visible damage to the phase comparator or the earth lead, and if the clip or clamp does not come off the bar.

5.4.4 Vibration resistance

The test method shall be in accordance with IEC 60068-2-6.

The phase comparator without insulating pole (if possible) shall be fastened to the vibrator by rigid intermediate parts which shall not effect the test results.

To attenuate any large amplitude oscillations which may be induced in the contact electrode during the test, the free ends of the electrodes shall be fastened to the rigid part.

L'assemblage doit être soumis aux vibrations sinusoïdales rectilignes dans deux directions perpendiculaires, l'une d'elles correspondant à l'axe longitudinal du comparateur de phase.

Le balayage (parcours de la plage de fréquences spécifiée une fois dans chaque direction) doit être continu et la vitesse de balayage doit être d'environ une octave par min. La plage de fréquences doit s'étendre de 10 Hz à 150 Hz.

L'amplitude et l'accélération doivent être comme suit:

- 0,15 mm valeur de crête entre 10 Hz et 58 Hz;
- $19,6 \text{ m/s}^2$ (2 g) valeur de crête entre 58 Hz et 150 Hz.

La durée de l'essai doit être de 2 h dans chaque direction.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le comparateur de phase ne montre pas de signe d'avarie mécanique.

5.4.5 Résistance aux chutes

Cet essai sur un comparateur de phase complet doit être exécuté conformément à la CEI 60068-2-32, méthode 1, avec les paramètres suivants.

La surface d'essai doit être en béton ou en acier. Cette surface doit être lisse, dure et rigide.

La hauteur de chute doit être de 1 m.

Le comparateur de phase doit tomber depuis une position horizontale de repos et une position verticale de repos. Pour la position verticale, l'électrode de contact doit être vers le bas.

Le nombre de chutes doit être de un par position.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le comparateur de phase ne montre pas de signe d'avarie mécanique et s'il a conservé ses caractéristiques diélectriques exigées et son apparence extérieure. Il est admis que l'électrode de contact soit déformée.

5.4.6 Résistance aux chocs

La méthode d'essai doit être conforme à l'annexe D. La partie la plus fragile de chaque perche du comparateur de phase doit être soumise aux chocs cinq fois.

Le même emplacement de chaque perche doit être soumis au choc une seule fois. Dans le cas d'un comparateur de phase ayant son indication protégée par une fenêtre, il convient que l'énergie de l'essai sur la fenêtre soit de 2,5 J.

L'objet en essai doit être attaché à un support rigide.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le comparateur de phase ne montre aucun signe d'avarie mécanique.

5.4.7 Résistance climatique

Cet essai est effectué sur un comparateur de phase complet sans perche isolante (si possible) conformément à la CEI 60068-2-14, sauf pour les cycles de température et la variation d'humidité en fonction du temps, pour lesquels le cycle d'essai doit être conforme à la figure 13.

The assembly shall be submitted to sinusoidal rectilinear vibrations in two perpendicular directions, one of which corresponds to the long axis of the phase comparator.

The sweep (run of the specified frequency range, once in each direction) shall be continuous and the sweeping rate shall be approximately one octave per minute. The frequency range shall be from 10 Hz to 150 Hz.

The amplitude and acceleration shall be as follows:

- 0,15 mm peak value between 10 Hz and 58 Hz;
- 19,6 m/s² (2 g) peak value between 58 Hz and 150 Hz.

The duration of the test shall be set for 2 h in each direction.

The test is considered as passed if the phase comparator shows no signs of mechanical damage.

5.4.5 Drop resistance

This test on a complete phase comparator shall be performed in accordance with IEC 60068-2-32, procedure 1, with the following parameters.

The test surface shall be made of concrete or steel and shall be smooth, hard and rigid.

The height of the fall shall be 1 m.

The phase comparator shall be dropped from a horizontal and a vertical rest position. For the vertical position, the contact electrode shall be downward.

The number of falls shall be one per position.

The test is considered as passed if the phase comparator shows no signs of mechanical damage, and if it has retained its required dielectric characteristics and its external appearances. The contact electrode may be bent.

5.4.6 Impact test

The test method shall be in accordance with annex D. The most fragile part of each pole of the phase comparator shall be submitted to shock five times.

The same location of each pole shall be shocked only once. In the case of a phase comparator having the indication protected by a window, the test energy for the window should be 2,5 J.

The test object shall be fastened to a rigid support.

The test is considered as passed if the phase comparator shows no sign of mechanical damage.

5.4.7 Climatic resistance

The test is performed on a complete phase comparator without insulating pole (if possible) in accordance with IEC 60068-2-14 except for the temperature cycles and time relative variation of humidity, which shall be in accordance with figure 13.

L'appareil en essai doit être placé dans une chambre climatique. La température de la chambre est abaissée de la température ambiante à la valeur basse exigée en fonction de la catégorie du comparateur de phase (voir tableau 1). Si nécessaire, il est permis que l'échantillon soit placé dans une chambre déjà à la température exigée. La température de la chambre doit être maintenue pendant 2 h.

L'appareil en essai doit ensuite être retiré et conservé à température ambiante pendant 15 min.

L'appareil en essai doit ensuite être placé dans une chambre climatique et la température doit être augmentée de 2 K/min jusqu'à ce que la valeur haute soit atteinte et qu'elle corresponde à la catégorie de classe climatique du comparateur de phase (voir tableau 1). L'humidité relative doit être maintenue à $50 \% \pm 5 \%$.

La chambre doit être maintenue à haute température pendant 3 h. Pendant la première heure et demie, l'humidité relative doit être augmentée de 50 % à 96 %.

L'appareil en essai doit ensuite être placé à température ambiante pendant 2 h.

Lorsque l'appareil en essai est retiré de la chambre climatique, l'essai doit être fait dans les 5 min. L'essuyage des parties externes est permis.

En utilisant le montage d'essai de la figure 2, ou un équivalent, les indications «relation de phase correcte» et «relation de phase incorrecte» doivent apparaître avec, respectivement, un déphasage angulaire de 0° et de 120° .

Les tensions d'essai doivent avoir les valeurs suivantes de tension phase-terre:

- $0,4 U_{n \min}$ et $U_n / \sqrt{3}$ pour un comparateur de phase capacitif;
- $(U_{n \min} - 8 \%) / \sqrt{3}$ et $(U_{n \max} + 8 \%) / \sqrt{3}$ pour un comparateur de phase résistif.

L'essai doit être réalisé pour les fréquences nominales, telles qu'elles sont définies en 4.2.4.1.

L'essai doit être réalisé à des moments différents, indiqués par le X à la figure 13.

Trois cycles d'essai doivent être réalisés.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le comparateur de phase donne toujours des indications correctes.

5.4.8 Durabilité des marquages

Les marquages doivent être frottés successivement avec un chiffon imbibé d'eau pendant 1 min, puis avec un autre chiffon imbibé d'Isopropanol pendant encore 1 min.

L'essai est considéré comme satisfaisant si les marquages restent lisibles et si les lettres ne font pas de tache.

La surface du comparateur de phase peut être altérée. Aucun décollement des étiquettes ne doit être constaté.

NOTE Les marquages par moulage ou gravure n'ont pas à être testés quant à leur durabilité.

The sample shall be placed in a climatic chamber. The temperature of the chamber is lowered from the ambient temperature to the required low value according to the category of the phase comparator (see table 1). If necessary, the sample may be placed in a chamber which is already at the required temperature. The temperature of the chamber shall be maintained for 2 h.

The sample shall then be removed and kept at ambient temperature for 15 min.

The sample shall next be placed in the climatic chamber, and the temperature shall be increased 2 K/min until the high value is obtained and corresponds to the category of climatic class of the phase comparator (see table 1). The relative humidity shall be maintained at $50 \% \pm 5 \%$.

The chamber shall be kept at the high temperature for 3 h. During the first 1,5 h, the relative humidity shall be increased from 50 % to 96 %.

The sample shall then be placed at ambient temperature for 2 h.

After the sample has been removed from the climatic chamber, the test shall be carried out within 5 min. Wiping of external parts is allowed.

Using the test set-up of figure 2, or equivalent, the indications "correct phase relationship" and "incorrect phase relationship" shall appear, with respectively a phase difference of 0° and 120° .

Test voltages shall have the following phase-to-ground values:

- $0,4 U_{n \min}$ and $U_n / \sqrt{3}$ for a capacitive phase comparator;
- $(U_{n \min} - 8 \%) / \sqrt{3}$ and $(U_{n \max} + 8 \%) / \sqrt{3}$ for a resistive phase comparator.

The test shall be carried out for the nominal frequencies as defined in 4.2.4.1.

This test shall be carried out at different times, indicated by the X in figure 13.

Three testing cycles shall be carried out.

The test is considered as passed if the phase comparator always gives correct indications.

5.4.8 Durability of markings

The markings shall be rubbed successively with the rag soaked in water for 1 min, then with another rag soaked in Isopropanol for another 1 min.

The test is considered as passed if the markings remain legible and the letters do not smear.

The surface of the phase comparator may change. No signs of loosening shall be present for labels.

NOTE Markings made by moulding or engraving do not need to be tested for durability.

6 Plan qualité et essais de réception

6.1 Généralités

Afin d'assurer que la qualité des comparateurs de phase satisfait aux exigences de la présente norme, le fabricant doit utiliser un système qualité approuvé qui satisfait aux exigences de l'ISO 9000 et de l'ISO 9004.

Le guide pour la sélection du modèle d'assurance qualité doit être établi en conformité avec l'ISO 9002. Cette norme contient certains éléments dont la base est de nature fonctionnelle et organisationnelle, tels qu'ils sont requis pour la fourniture d'un produit.

En l'absence de plan d'assurance qualité, tel qu'il est décrit dans l'ISO 8402, l'ISO 9000 et l'ISO 9002, ou si ce plan n'assure pas le niveau de qualité requis, le fabricant doit effectuer tous les essais contenus dans la présente norme. Ces essais doivent être réalisés sous la forme d'échantillonnage conformément à la procédure fournie à l'annexe C.

6.2 Enregistrements

Les enregistrements relatifs aux essais de réception doivent être conservés par le fabricant pendant une durée minimale de huit ans pour l'inspection par le client. Les résultats d'essais réalisés par le fabricant pour le contrôle de qualité doivent être disponibles.

6 Quality plan and acceptance tests

6.1 General

In order to assure that the quality of the phase comparator meets the requirements contained in this standard, the manufacturer shall employ an approved quality system that complies with the provisions of ISO 9000 and ISO 9004.

Guidelines for the selection of the model for quality assurance shall be based on ISO 9002. This standard includes certain elements having a functional and an organizational nature, as required for the supply of a product.

In the absence of a detailed assurance plan, as specified in ISO 8402, ISO 9000 and ISO 9002, or if this plan does not assure the proper level of quality, then the manufacturer shall carry out all tests contained in this standard. Those tests shall be carried on a sampling basis in accordance with the sampling procedure of annex C.

6.2 Records

Acceptance test records shall be kept by the manufacturer for inspection by the customer for eight years, and the test results shall be available, in accordance with the manufacturer's quality control procedure.

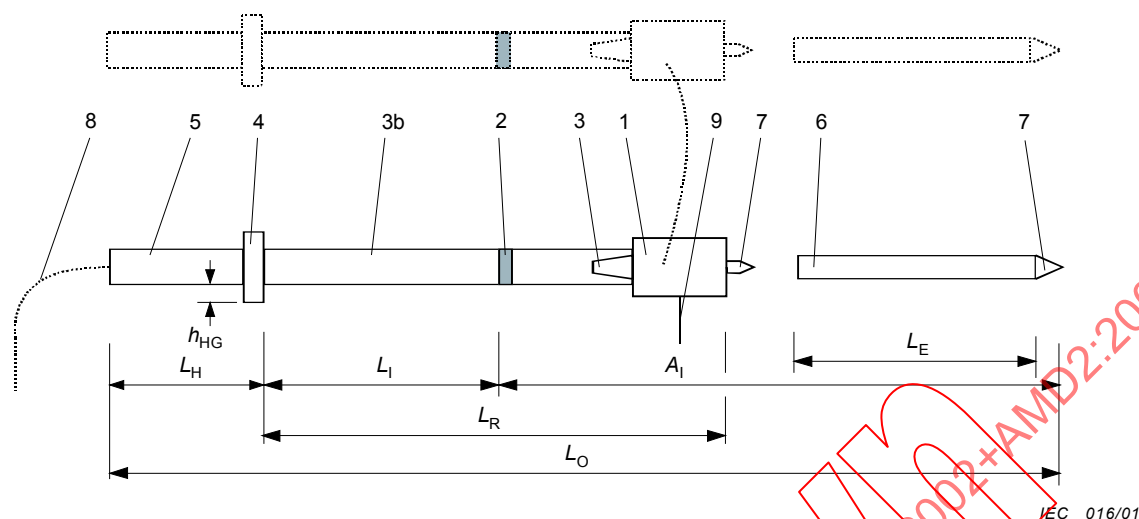


Figure 1a – Exemple d'un comparateur de phase bipolaire résistif en une seule pièce

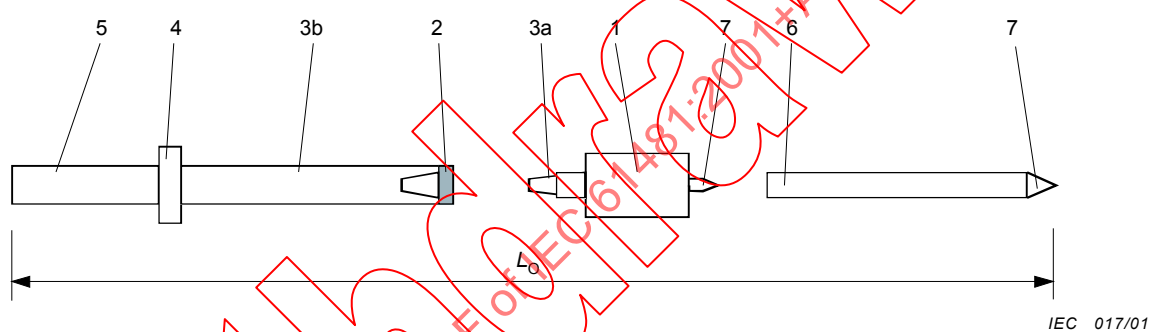


Figure 1b – Exemple d'un comparateur de phase capacitif en élément séparé

Légende

- 1 Indicateur
- 2 Marque limite
- 3 Adaptateur
- 3a Adaptateur (peut remplacer la marque limite)
- 3b Élément résistif/Élément isolant
- 4 Garde-main
- 5 Poignée
- 6 Allonge d'électrode de contact
- 7 Electrode de contact
- 8 Conducteur de terre, le cas échéant
- 9 Conducteur de raccordement

Composants

- h_{HG} Hauteur du garde-main
- L_H Longueur de la poignée
- L_I Longueur de l'élément isolant
- L_R Longueur de l'élément résistif
- L_E Longueur de l'allonge d'électrode de contact
- L_O Longueur totale du comparateur de phase
- A_I Profondeur d'insertion

Figure 1 – Eléments d'un comparateur de phase

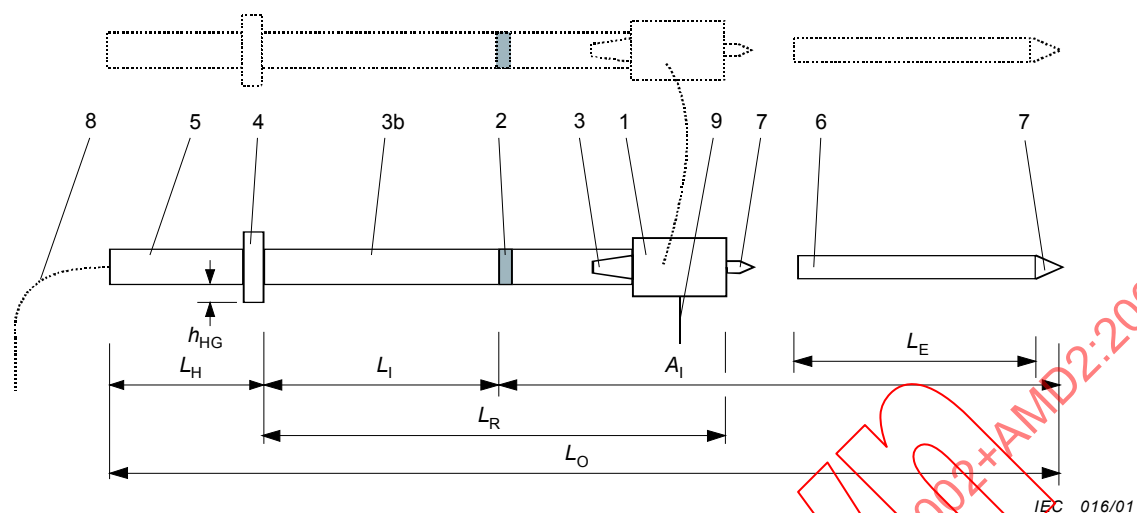


Figure 1a – Example of a resistive two-pole single-unit type phase comparator

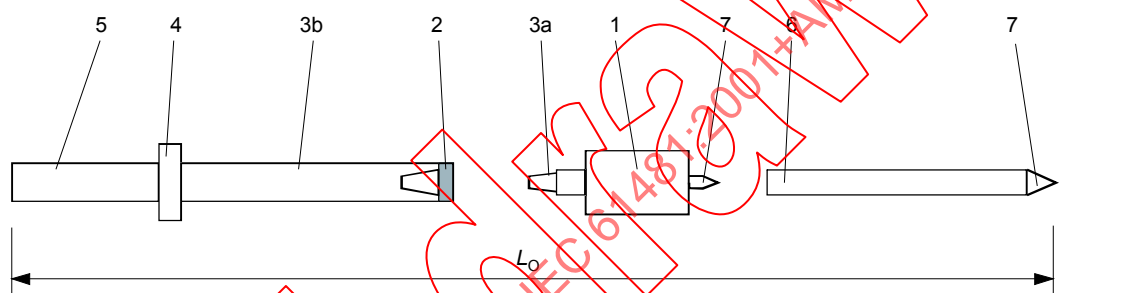


Figure 1b – Example of a capacitive single-pole phase comparator as a separate unit

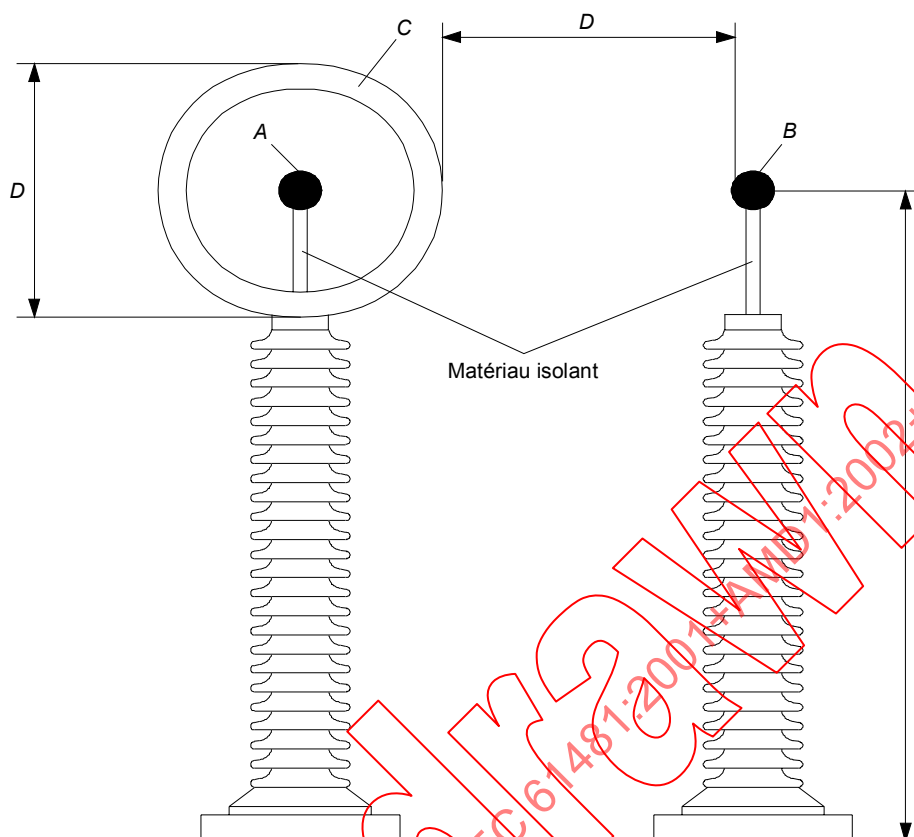
Key

- 1 Indicator
- 2 Limit mark
- 3 Adaptor
- 3a Adaptor (can replace the limit mark)
- 3b Resistive element/insulating element
- 4 Handguard
- 5 Handle
- 6 Contact electrode extension
- 7 Contact electrode
- 8 Earth lead, if provided
- 9 Connecting lead

Components

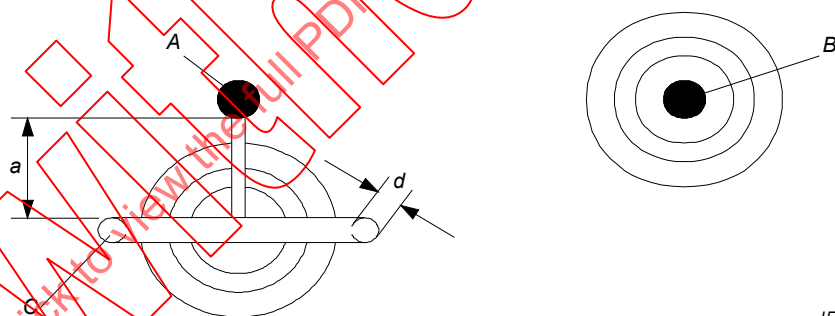
- h_{HG} Height of handguard
- L_H Length of handle
- L_I Length of insulating element
- L_R Length of resistive element
- L_E Length of contact electrode extension
- L_O Overall length of phase comparator
- A_I Insertion depth

Figure 1 – Elements of phase comparator



IEC 018/01

Figure 2a – Vue de face



IEC 019/01

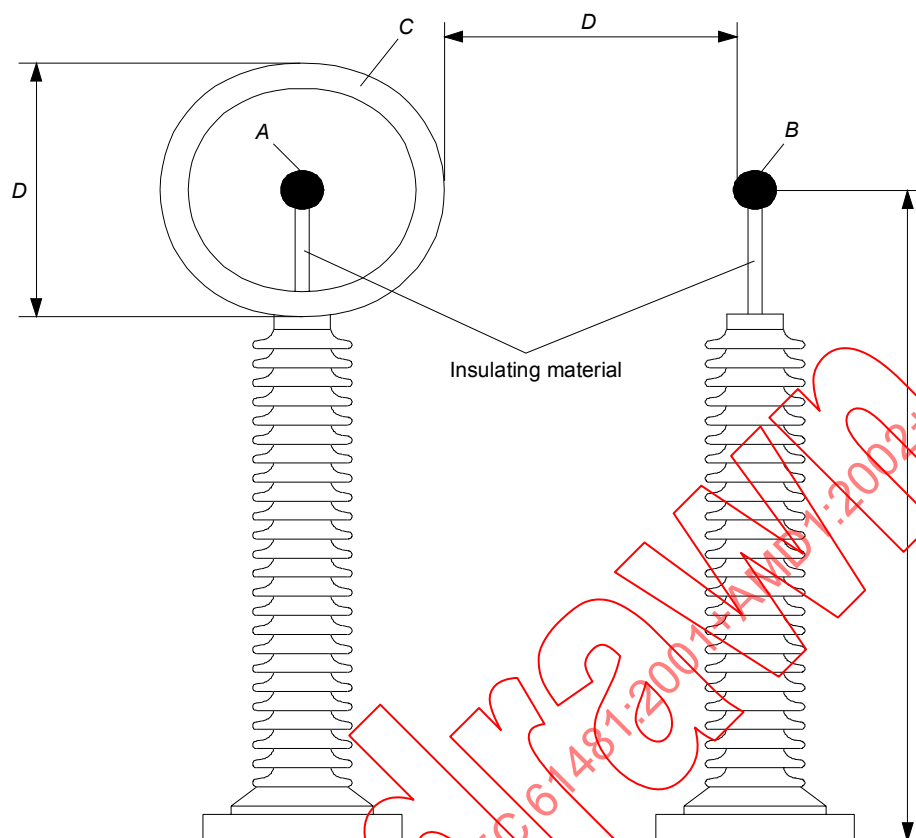
Dimensions en millimètres

Figure 2b – Vue de dessus

Composants

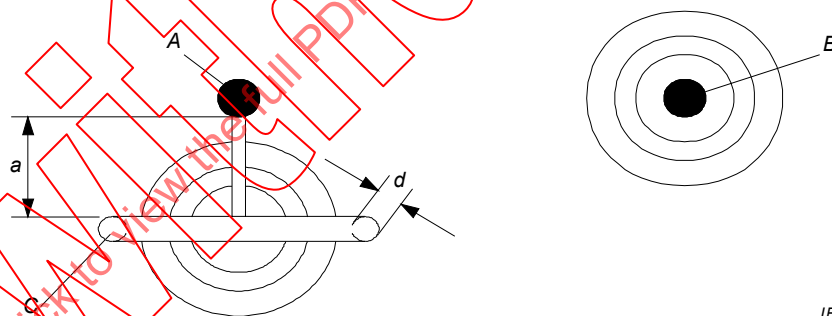
H	= 1 500
D	= 500
d	= 50
a	= 300
$A, B: \Phi$	= 0,60

Figure 2 – Montage d'essai pour vérification de l'indication indiscutable



IEC 018/01

Figure 2a – Front view



IEC 019/01

Dimensions in millimetres

Figure 2b – Top view

Components

H	= 1 500
D	= 500
d	= 50
a	= 300
$A, B: \Phi$	= 0,60

Figure 2 – Test set-up for clear indication

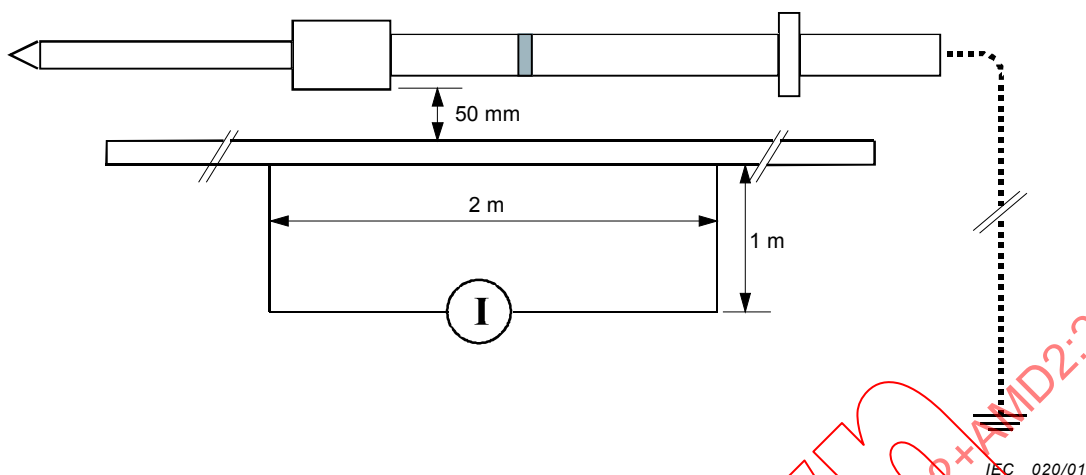


Figure 3a – Arrangement général avec positionnement parallèle

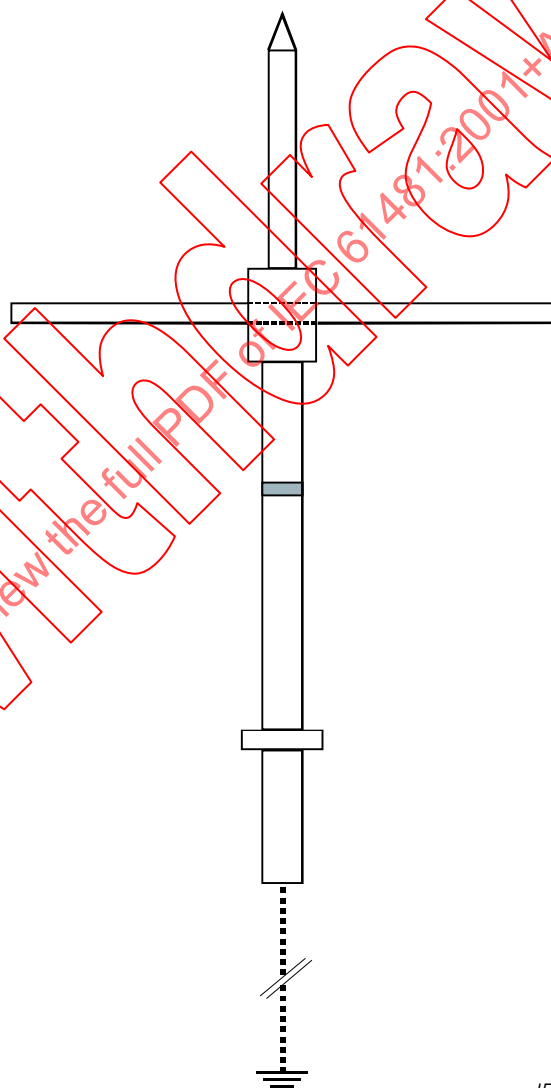


Figure 3b – Comparateur de phase à 90° du conducteur avec le centre de l'indicateur aligné avec le centre du conducteur

Figure 3 – Montage d'essai pour l'influence d'un champ magnétique perturbateur

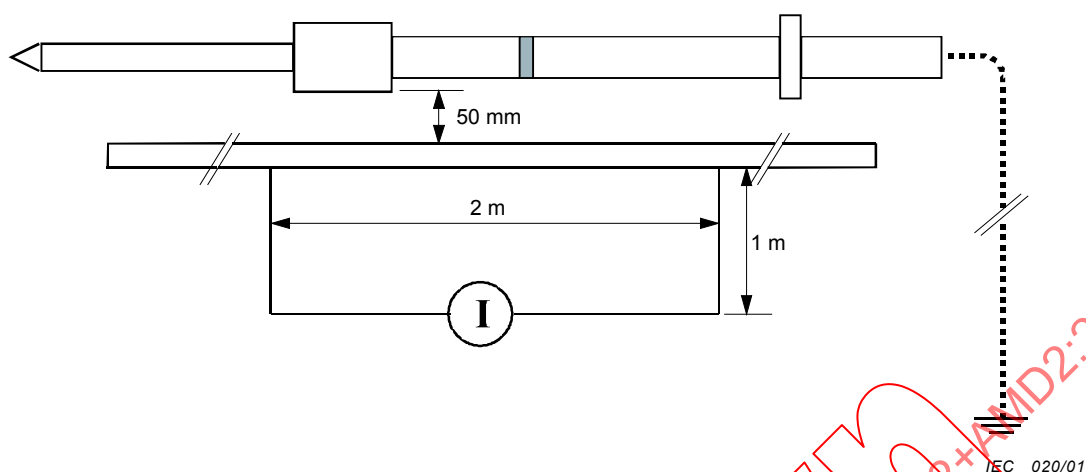


Figure 3a – General arrangement with parallel position

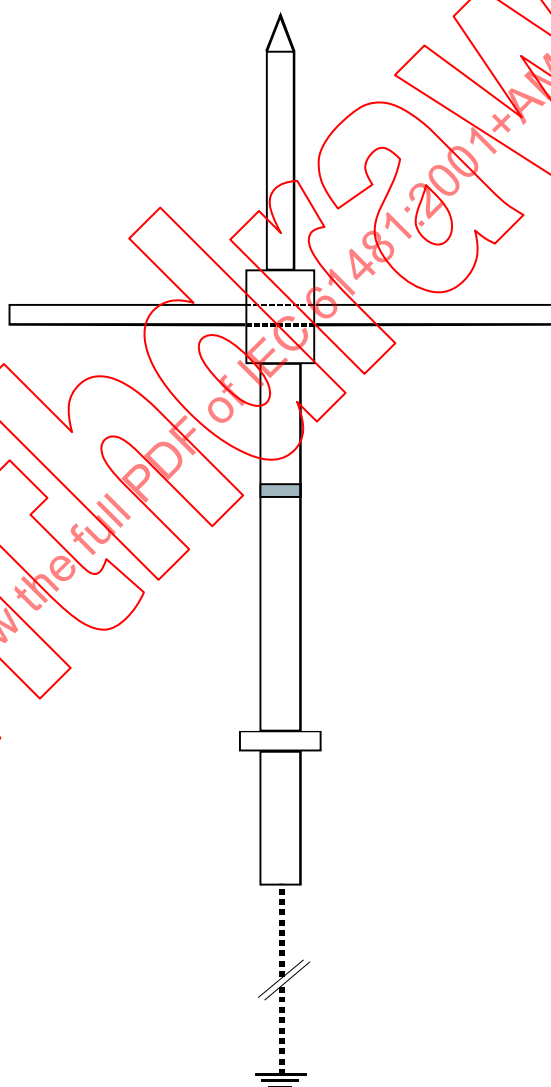


Figure 3b – Phase comparator at 90° to the conductor with the centre of the indicator aligned with the centre of the conductor

Figure 3 – Test set-up for the influence of magnetic interference field

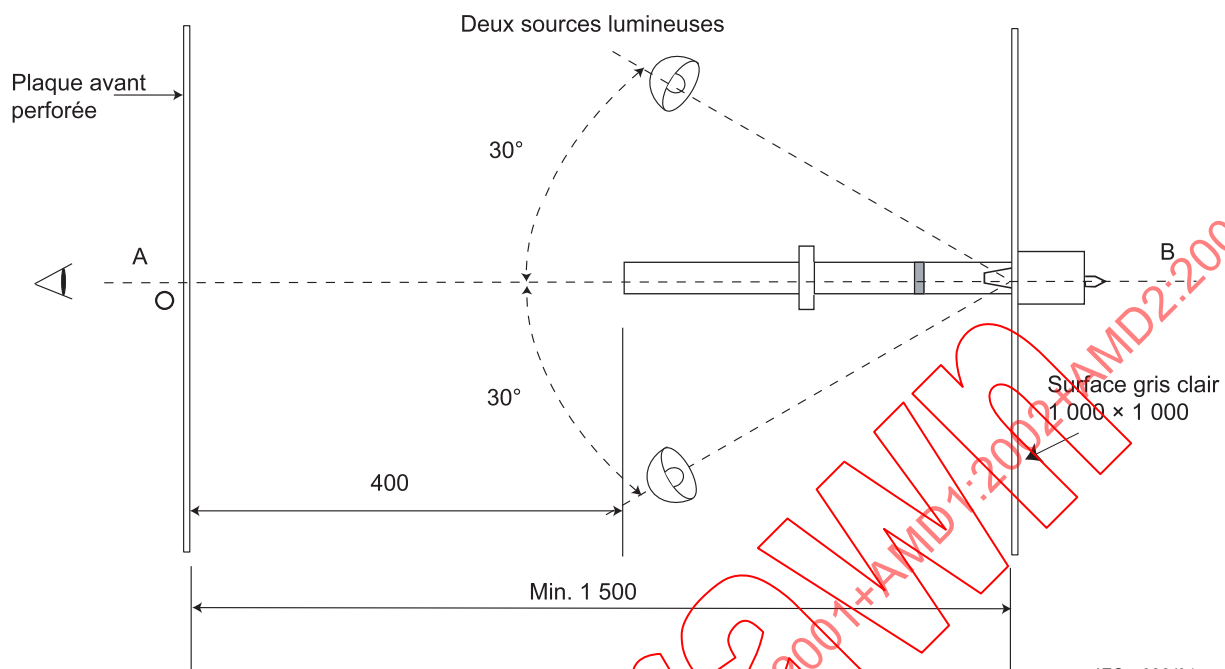
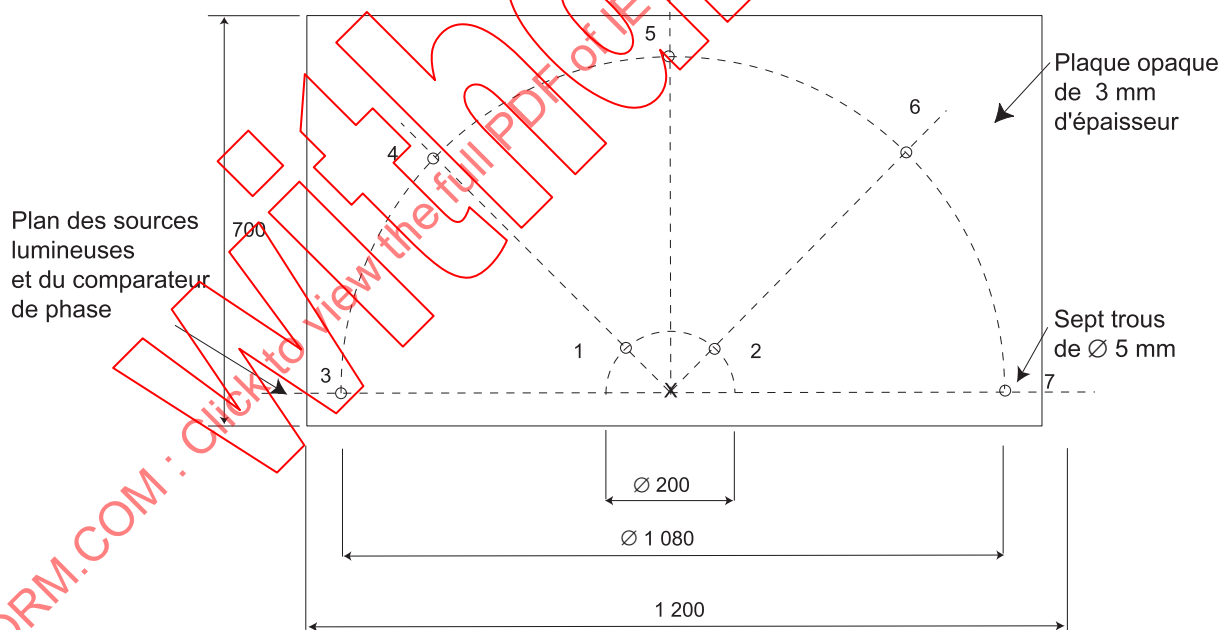


Figure 4a – Vue du dessus

IEC 022/01

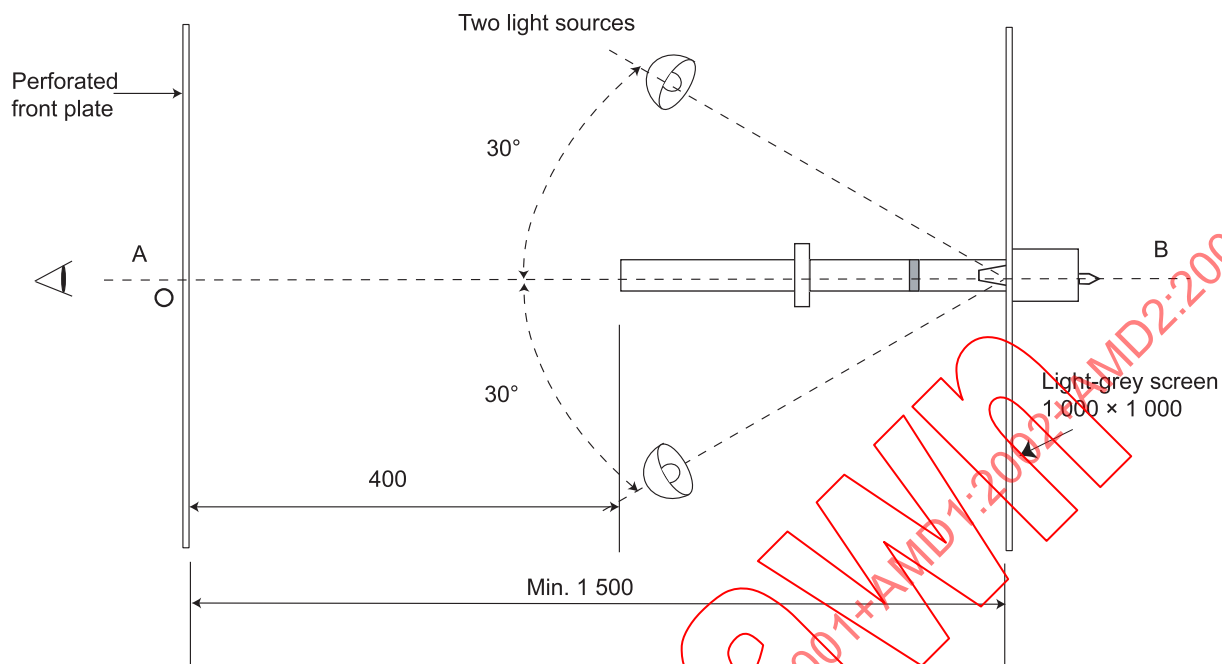


IEC 023/01

Dimensions en millimètres

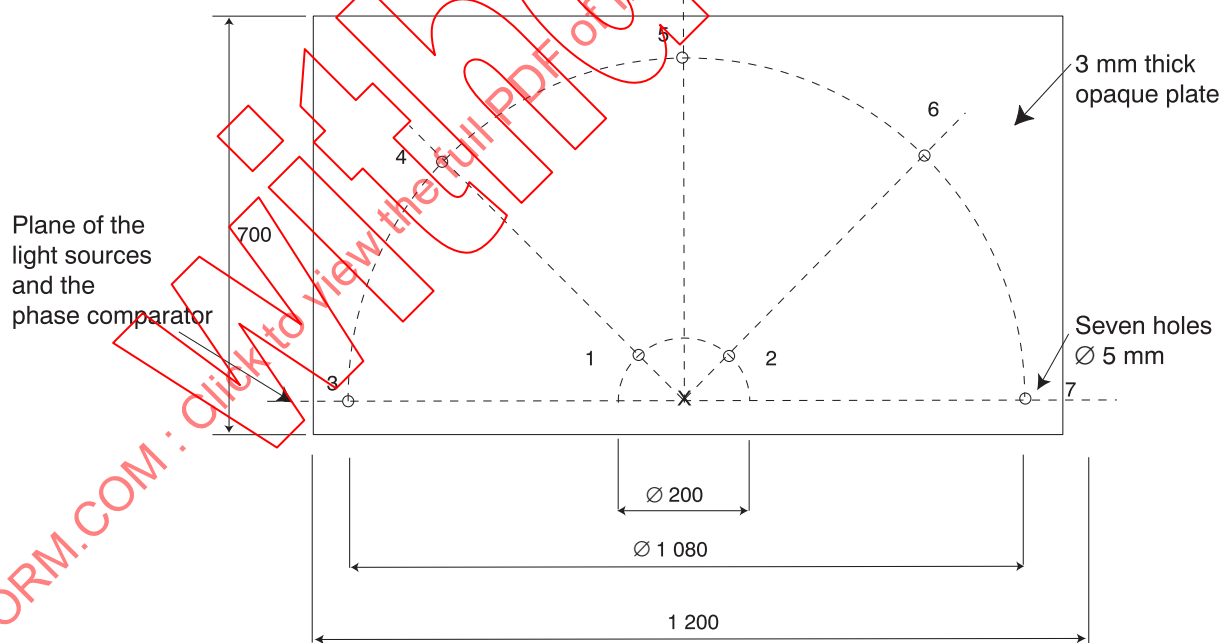
Figure 4b – Vue de face de la plaque de façade

Figure 4 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle



IEC 022/01

Figure 4a - Top view

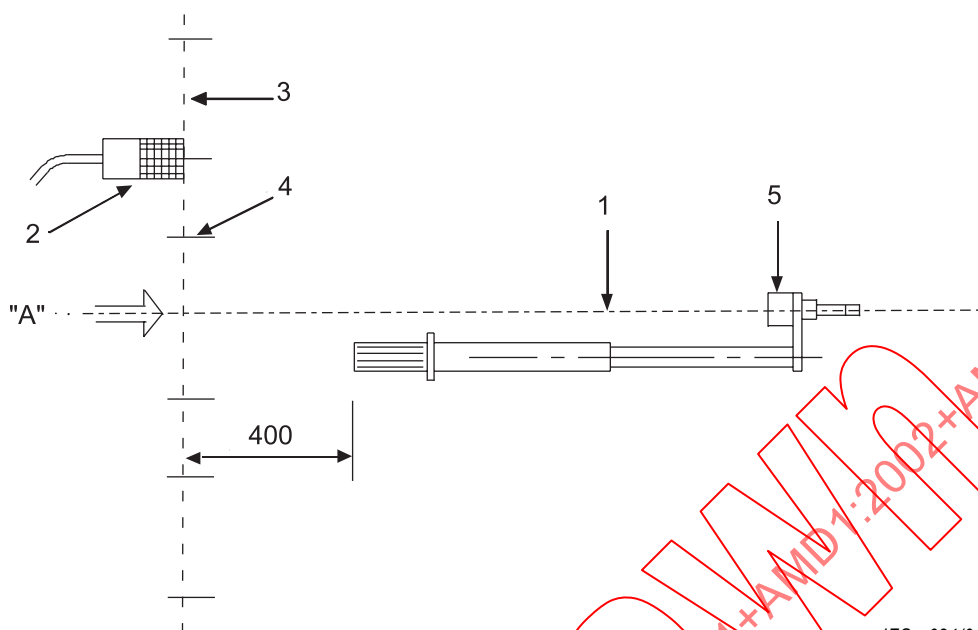


IEC 023/01

Dimensions in millimetres

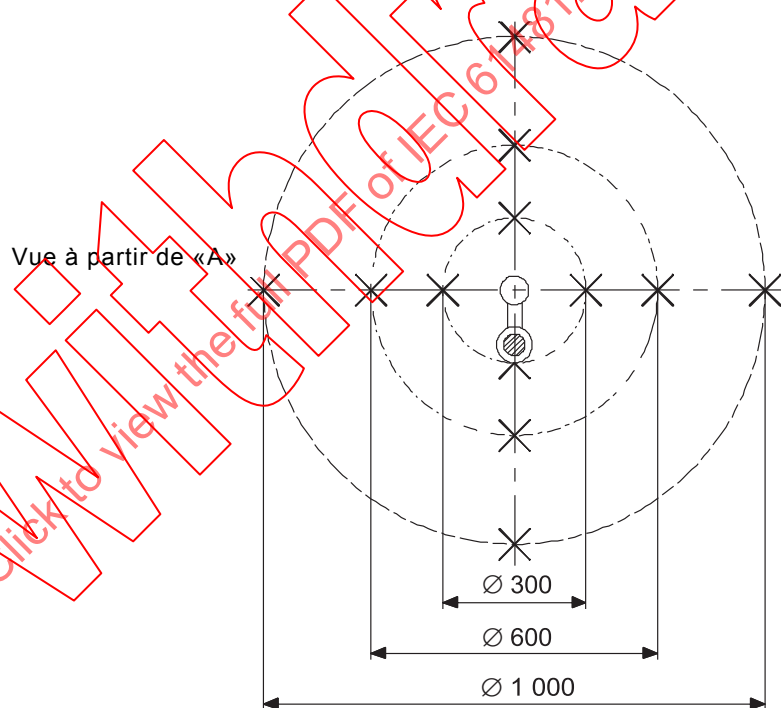
Figure 4b - Front view of the front plate

Figure 4 - Test set-up for clear perceptibility of visual indication



IEC 024/01

Figure 5a – Vue de côté



IEC 025/01

Dimensions en millimètres

Figure 5b – Vue de face

Légende

- 1 Axe sonore
- 2 Microphone de mesure
- 3 Plan de mesure
- 4 et X Points de mesure
- 5 Comparateur de phase

Figure 5 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore

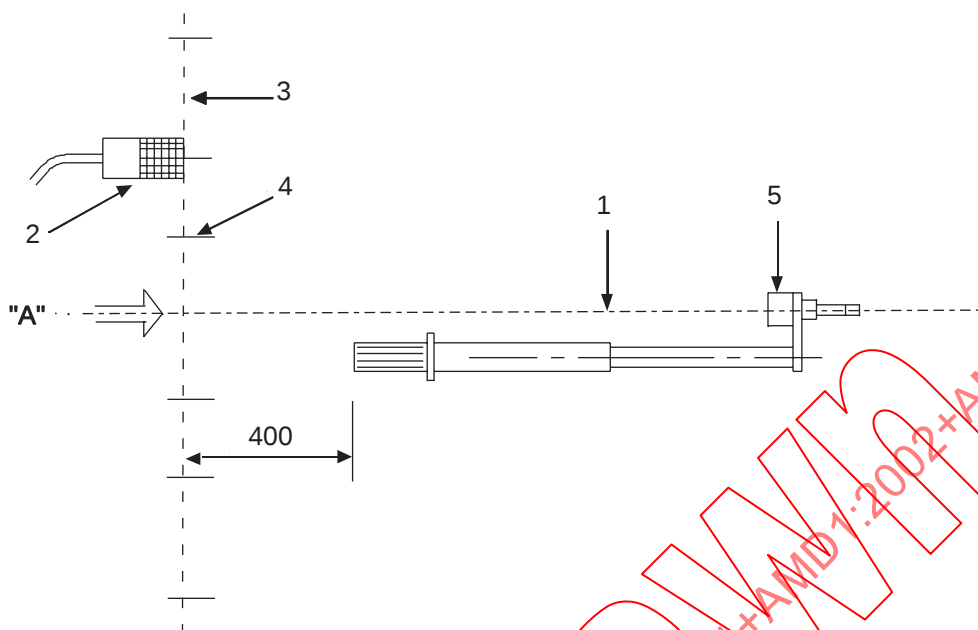
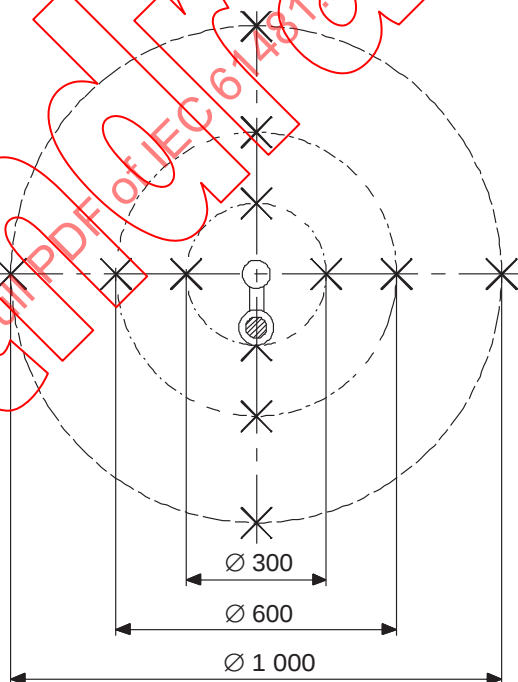


Figure 5a – Side view

IEC 024/01

View from "A"



IEC 025/01

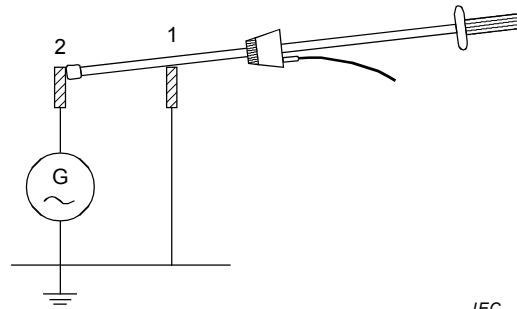
Dimensions in millimetres

Figure 5b – Front view

Key

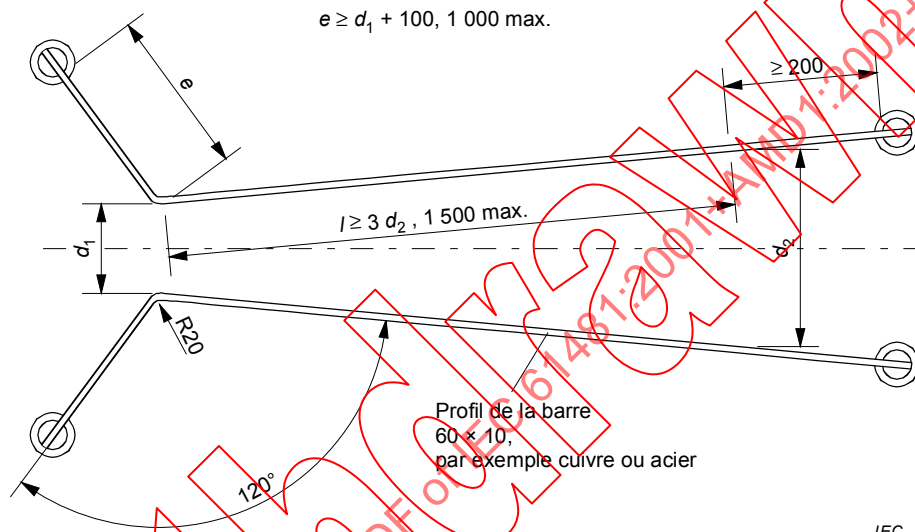
- 1 Sound axis
- 2 Measuring microphone
- 3 Measuring plane
- 4 and X Measuring points
- 5 Phase comparator

Figure 5 – Test set-up for clear perceptibility of audible indication



IEC 026/01

Figure 6a – Arrangement général avec le comparateur de phase



IEC 027/01

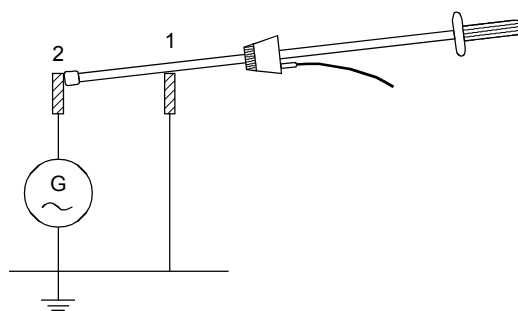
Dimensions en millimètres

Figure 6b – Vue de dessus

Légende

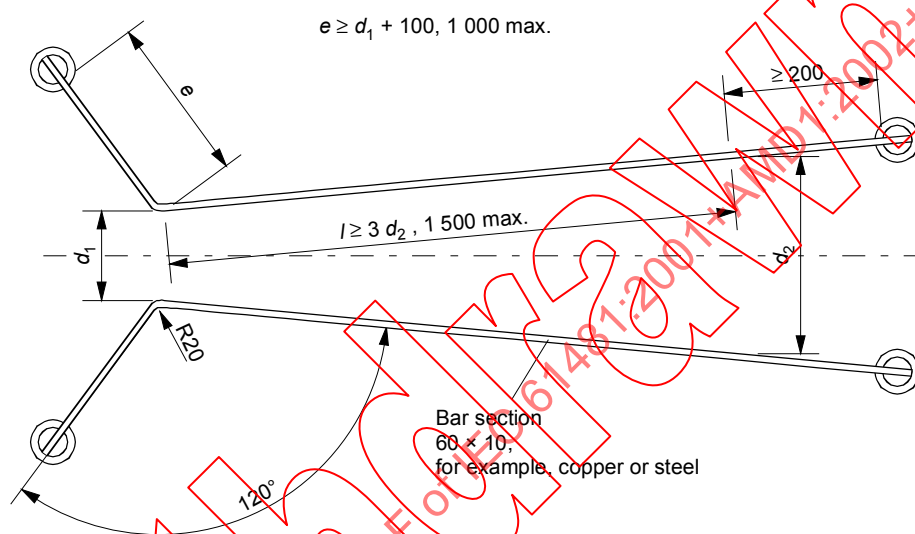
- 1 Barre avant
- 2 Barre arrière

Figure 6 – Montage d'essai pour la résistance à l'amorçage et la protection de contournement



IEC 026/01

Figure 6a – General arrangement with phase comparator



IEC 027/01

Dimensions in millimetres

Figure 6b – Top view

Key

- 1 Front bar
- 2 Rear bar

Figure 6 – Test set-up for spark resistance and bridging protection

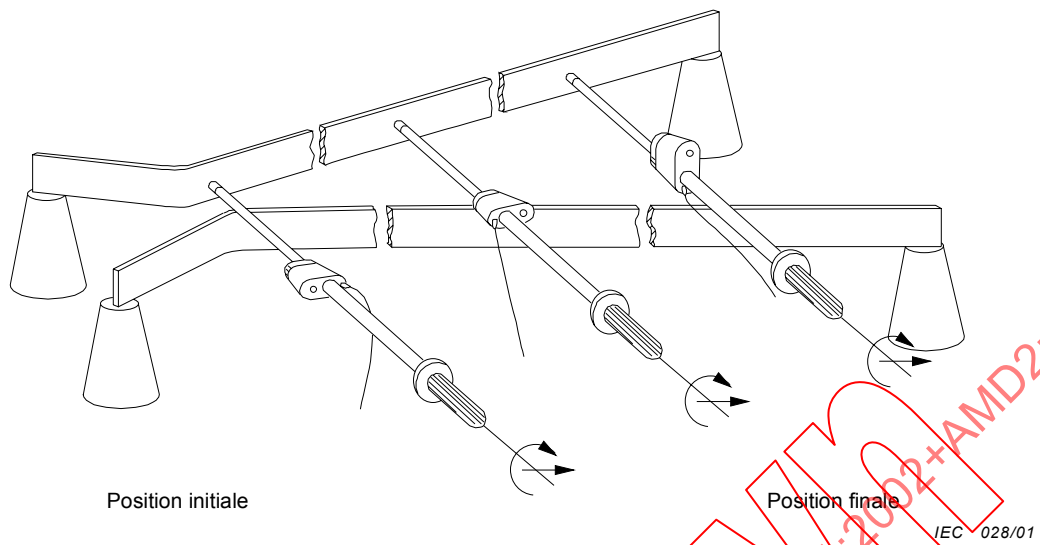


Figure 7 – Protection de contournement, essai 1

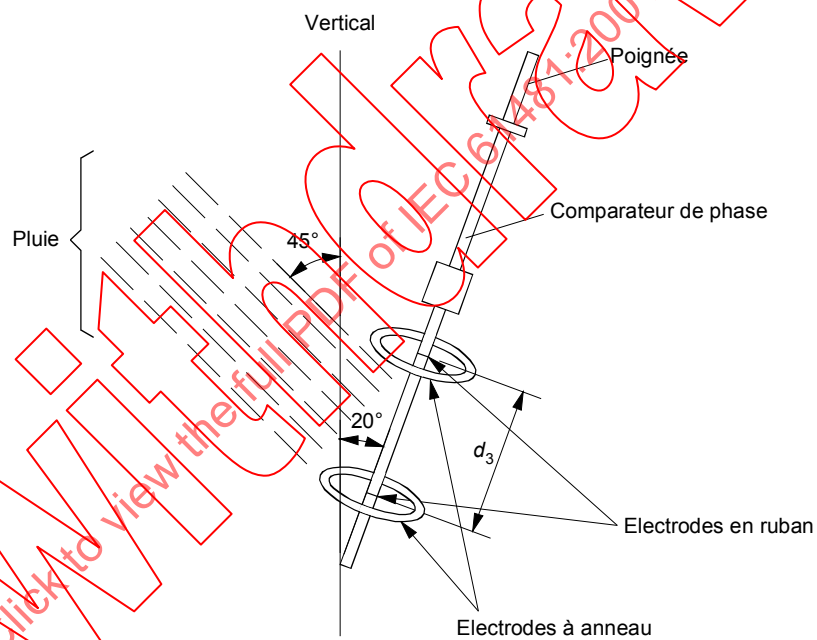


Figure 8 – Disposition pour les essais de protection de contournement des comparateurs de phase de type extérieur

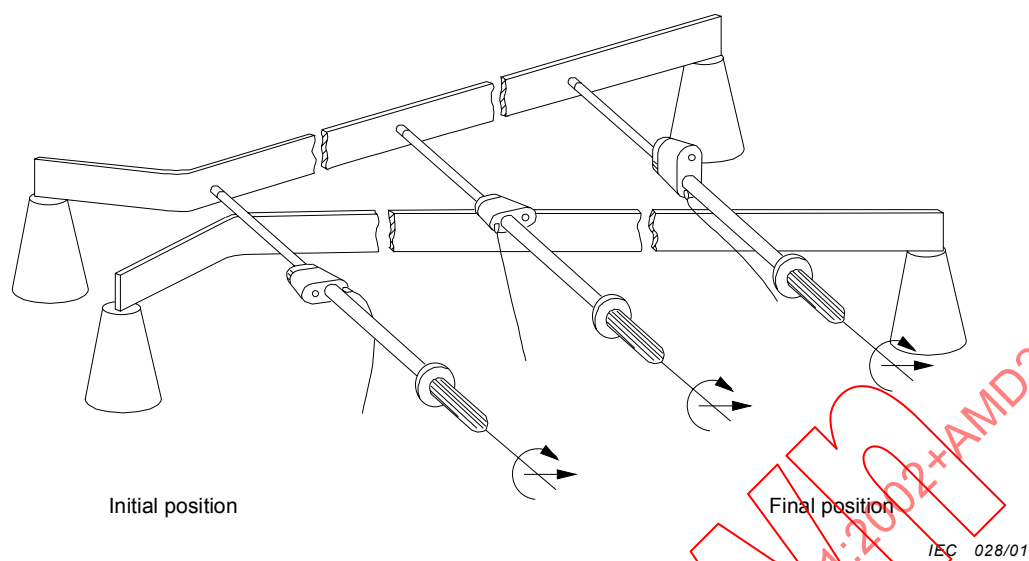


Figure 7 – Bridging protection, test run 1

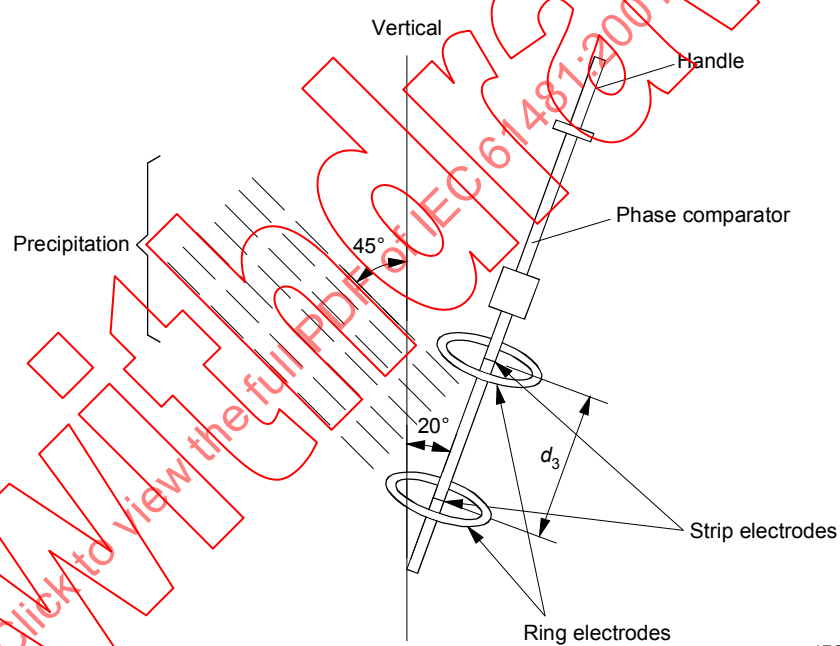


Figure 8 – Test set-up for testing bridging protection of outdoor-type phase comparator

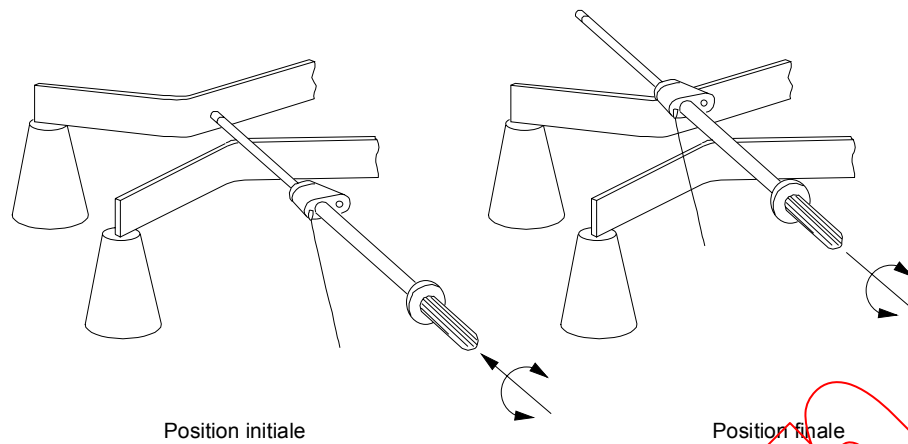


Figure 9 – Protection de contournement, essai 2

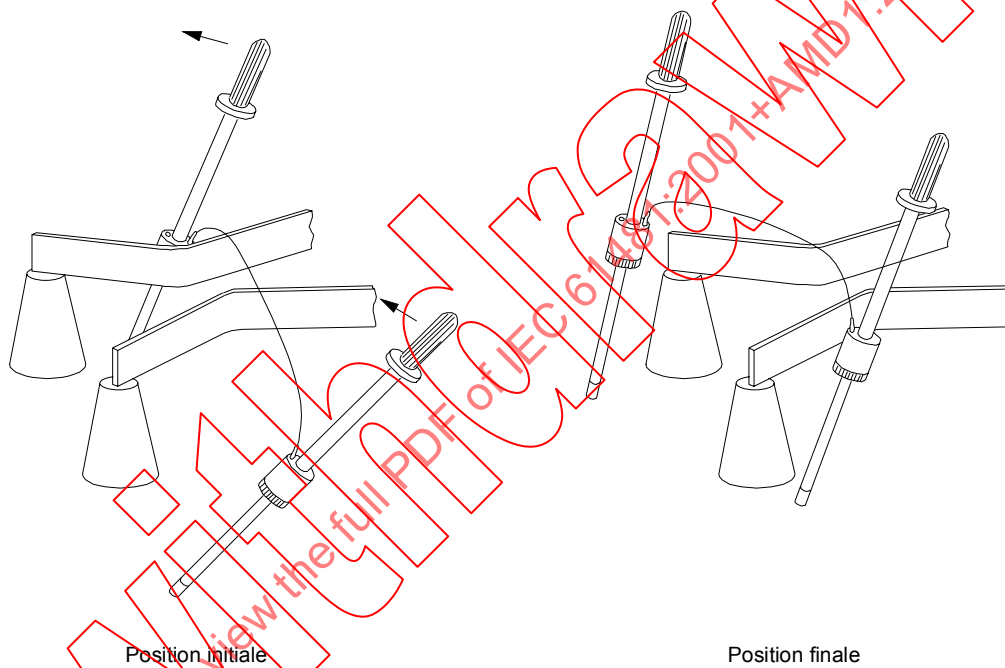
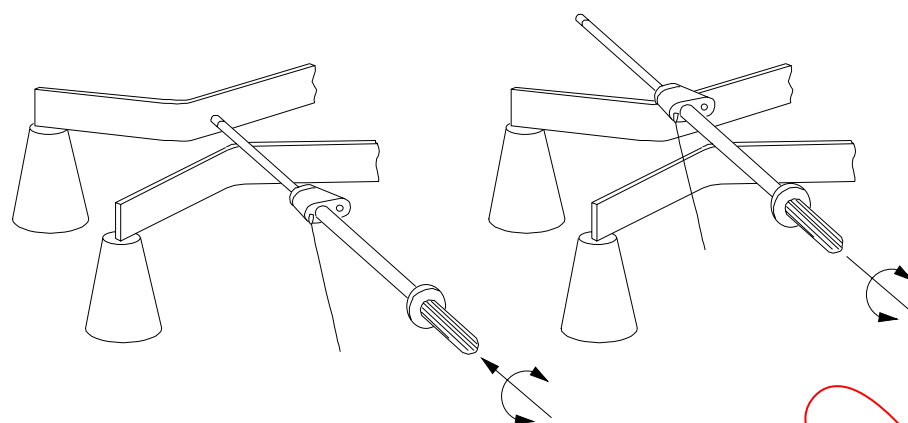


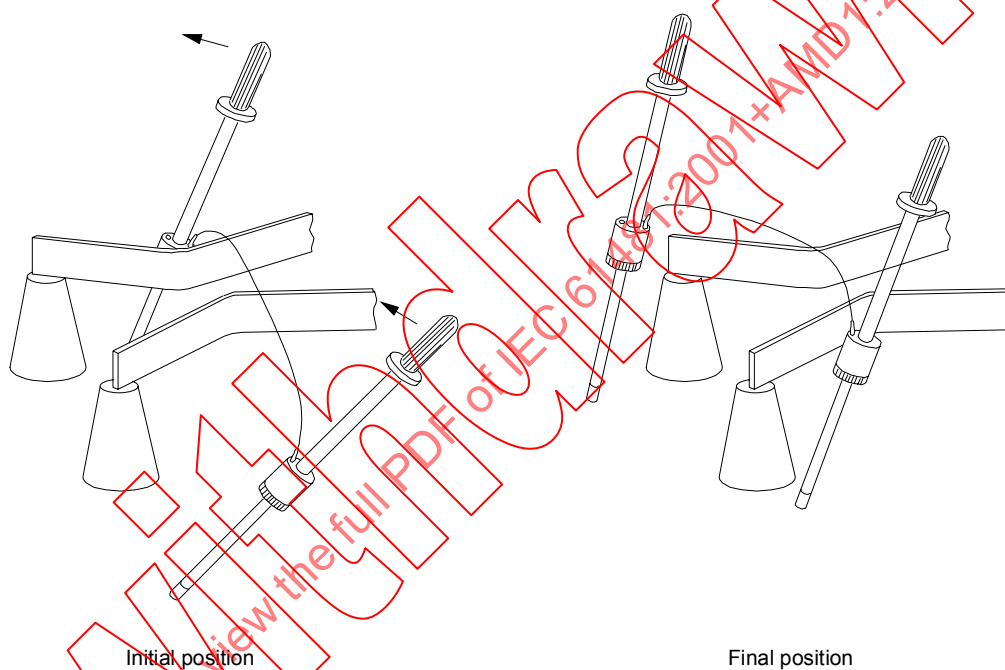
Figure 10 – Protection de contournement, essai 3



Initial position

Final position

IEC 030/01

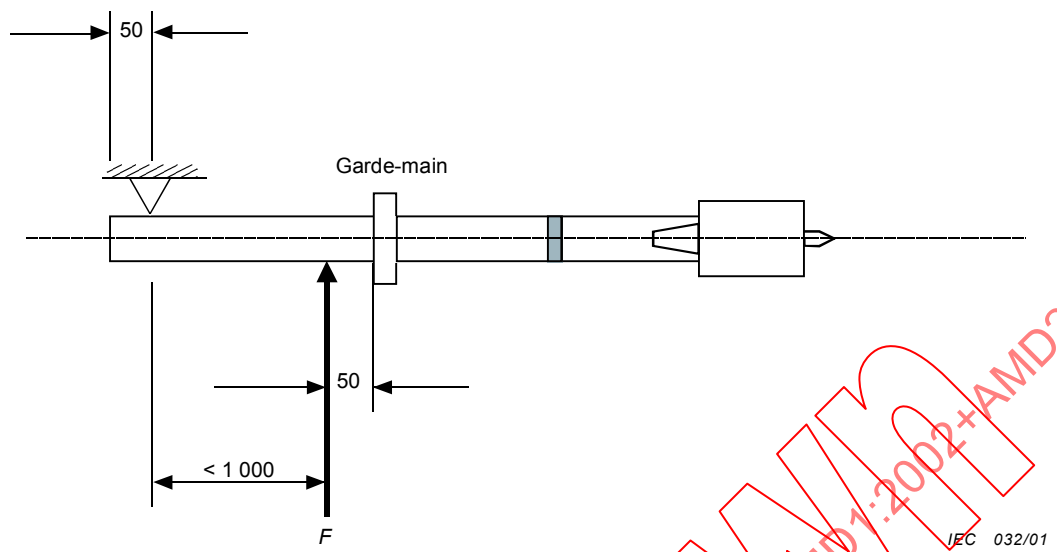
Figure 9 – Bridging protection, test run 2

Initial position

Final position

IEC 031/01

Figure 10 – Bridging protection, test run 3

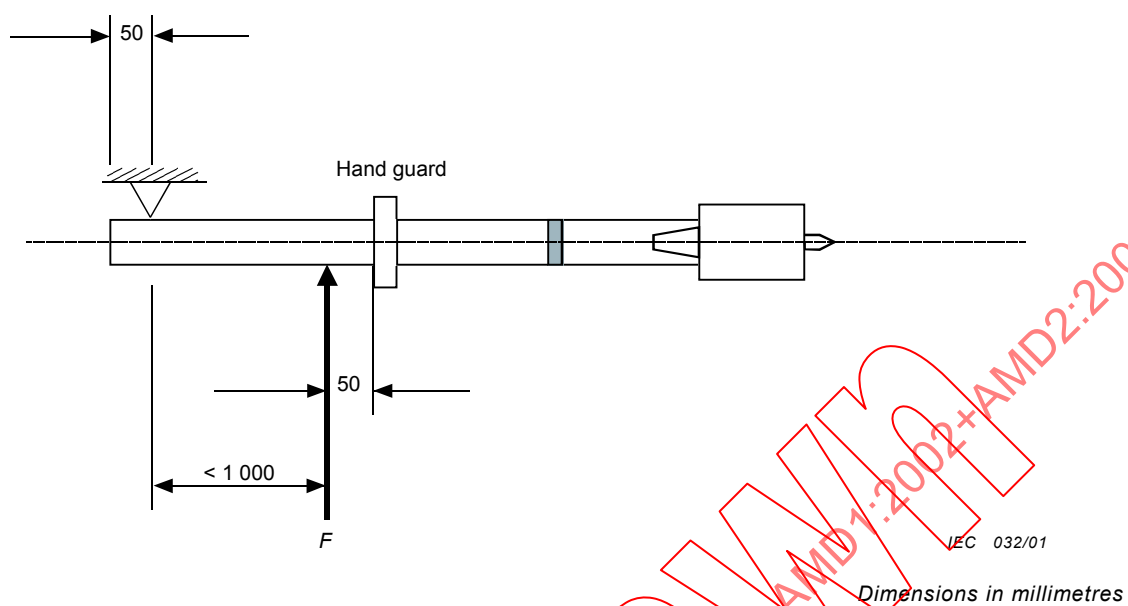


Dimensions en millimètres

Légende

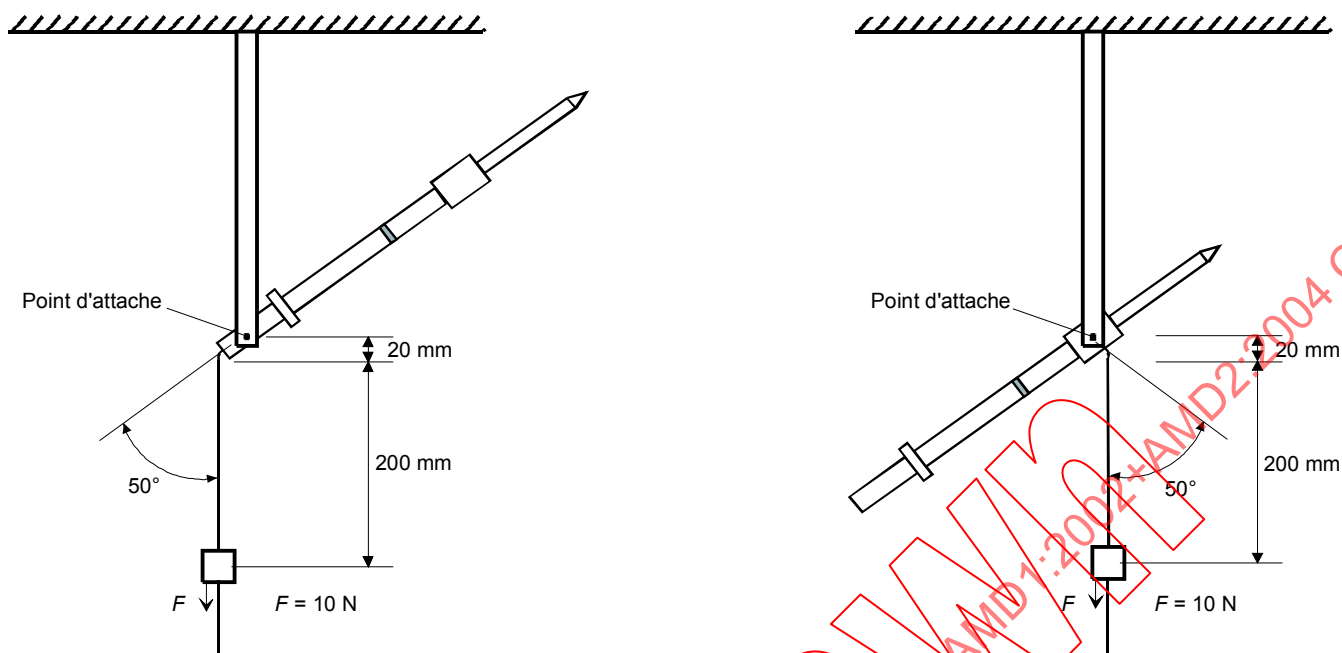
F Force de préhension

Figure 11 – Essai pour la force de préhension

**Key**

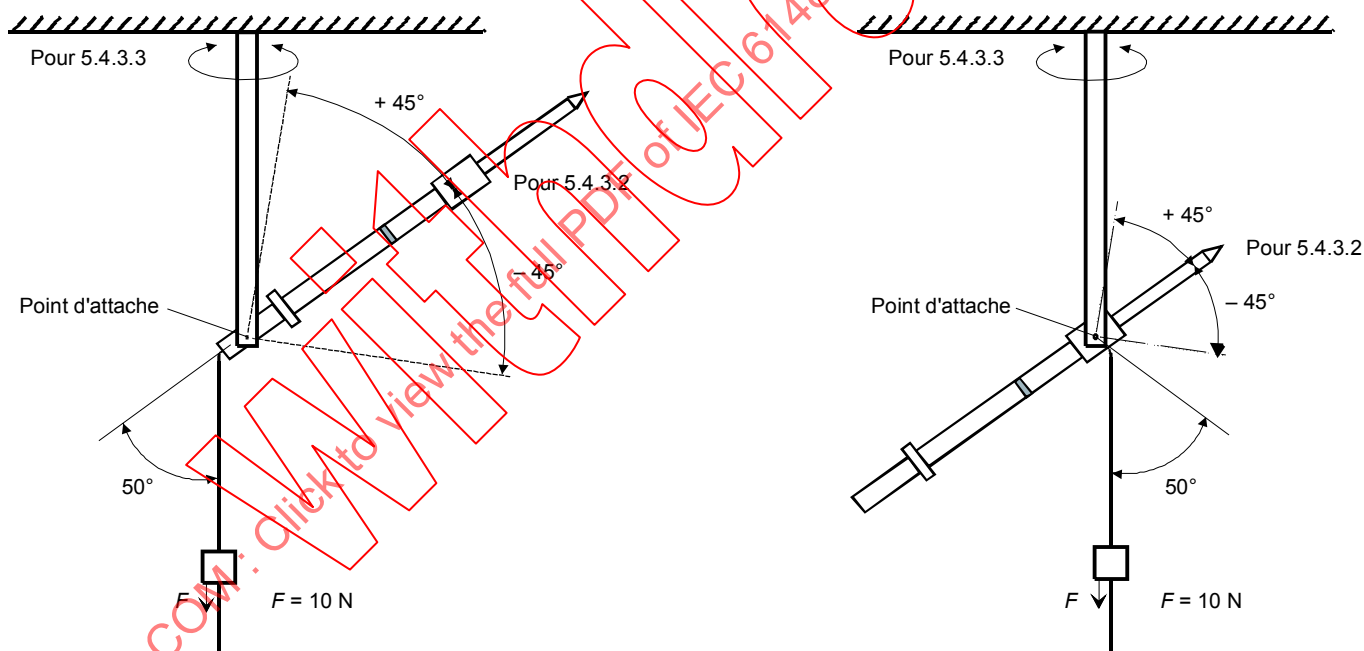
F Grip force

Figure 11 – Test for grip force



IEC 033/01

Figure 12a – Position d'équilibre statique du comparateur de phase
(illustration de deux possibilités de sortie du conducteur)



IEC 034/01

Figure 12b – Essais dynamiques dans le plan vertical et horizontal
(illustration de deux possibilités de sortie du conducteur)

Figure 12 – Montage d'essai pour la solidité des conducteurs et des liaisons