

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Live working – Insulating aerial devices for mounting on a chassis

Travaux sous tension – Dispositifs élévateurs isolants pour montage sur un châssis



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Live working – Insulating aerial devices for mounting on a chassis

Travaux sous tension – Dispositifs élévateurs isolants pour montage sur un châssis

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.260; 29.260.99

ISBN 978-2-8322-4427-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Specific terms and nomenclature	19
5 Requirements	22
5.1 Controls	22
5.1.1 Activation and operation	22
5.1.2 Duplicate controls	23
5.1.3 Emergency stop.....	23
5.1.4 Control of outriggers	24
5.1.5 Monitoring of radio and optical fibre controls.....	24
5.1.6 High electrical resistance upper control system(s)	24
5.2 Failure of the source of power.....	24
5.3 Restoration of power after failure	24
5.4 Boom travel protection	24
5.5 Chassis inclination	25
5.6 Locking pins.....	25
5.7 Electrical requirements	25
5.7.1 Insulating systems	25
5.7.2 Insulating booms (including lower boom insulating insert / chassis insulating system).....	25
5.7.3 Non-conductive/insulating hydraulic hoses and lines	26
5.7.4 Insulating fixed handling tools.....	26
5.7.5 Insulating optical fibre cables.....	26
5.7.6 Equipotential bonding	26
5.7.7 Lower test electrode system	27
5.7.8 Corona effect.....	31
5.7.9 Gradient control devices	31
5.7.10 Chassis insulating system bypass.....	31
5.7.11 Chassis earthing system.....	32
5.8 Particular mechanical requirements	32
5.8.1 Structural design	32
5.8.2 Stability	33
5.8.3 Wind speed	33
5.9 Speeds of the extending structure.....	33
5.10 Load sensing	33
5.11 Requirements for the hydraulic system	33
5.11.1 Hydraulic depressurization (vacuum protection).....	33
5.11.2 Hydraulic pressure rise	33
5.11.3 System protection.....	33
5.11.4 Overriding safety devices	34
5.11.5 Pressure limiting device.....	34
5.11.6 Bursting strength – hoses and fittings	34
5.11.7 Fluid level indicators	34
5.11.8 Fluid cleanliness.....	34

5.12	Requirements for the platforms	34
5.12.1	Platform security.....	34
5.12.2	Platform levelling.....	34
5.12.3	Guardrail system	35
5.12.4	Baskets	35
5.12.5	Personnel safety attachments (and attachment for fall protection)	35
5.13	Marking.....	35
5.14	Instructions for use	36
5.15	Dimensions and mass	36
6	Tests	36
6.1	General.....	36
6.2	Visual and dimensional check	37
6.3	Design check and functional testing	37
6.4	Durability of markings	37
6.5	Dye penetration test of insulating foam-filled booms	37
6.6	Electrical tests	38
6.6.1	General	38
6.6.2	Electrical tests for insulating booms, insulating fixed handling tools and optical fibre cables.....	38
6.6.3	Test of insulating baskets or liners.....	50
6.6.4	Dielectric test of the insulating fixed handling tools.....	51
6.7	Dielectric tests of the insulating systems of the complete aerial devices	52
6.7.1	General	52
6.7.2	Aerial devices with lower test electrode system	52
6.7.3	Aerial devices without lower test electrode system.....	55
6.8	Lower test electrode system.....	61
6.9	Equipotential bonding	61
6.10	Mechanical tests	61
6.10.1	Mechanical tests on insulating boom with its fittings	61
6.10.2	Platform creep.....	62
6.10.3	Hydraulic depressurization (vacuum protection).....	62
6.11	Design and functional tests	63
7	Conformance testing of aerial devices after completion of the production phase	63
8	Modifications	63
	Annex A (informative) Guidelines for selecting the characteristics of insulating aerial devices as a function of the live working methods	64
A.1	General.....	64
A.2	Bare hand live working.....	64
A.3	Live line tool, distance or hot stick working	64
A.4	Insulating (rubber) glove working	65
A.5	Use under DC	65
A.6	Advice for buyers of insulating aerial devices meeting the requirements of this document not intending to make use of them for live working	65
	Annex B (normative) Suitable for live working; double triangle IEC-60417-5216:2002-10	66
	Annex C (normative) General type test procedure	67
	Annex D (normative) Classification of defects and tests to be allocated	69
	Annex E (informative) Care and maintenance	71
E.1	General.....	71

E.2	Care of insulating components	71
E.2.1	Care whilst in transit	71
E.2.2	Care during work activities.....	71
E.2.3	Storage.....	72
E.3	Maintenance of insulating components.....	72
E.3.1	General	72
E.3.2	Cleaning	72
E.3.3	Siliconing or waxing.....	73
E.4	Inspection of insulating components	73
E.4.1	General	73
E.4.2	Pre-start inspection	73
E.4.3	Frequent and annual inspections of aerial devices.....	74
E.5	Tests	74
E.5.1	Periodic electrical tests.....	74
E.5.2	Mechanical test – Acoustic emission testing	80
E.6	Records	81
E.7	Repairing/refurbishing.....	81
E.8	Overriding safety devices.....	82
E.9	Care, maintenance and periodic inspection when insulating aerial devices are for other uses than live working	82
Annex F (informative)	Hydraulic depressurization (vacuum protection) (see 5.11.1 and 6.10.3).....	83
F.1	General.....	83
F.2	In-line check valves	83
F.2.1	General	83
F.2.2	Testing the in-line check valves (typical test procedure – reference Figure F.1).....	83
F.3	Atmospheric check valve assembly	84
F.3.1	General	84
F.3.2	Testing the atmospheric check valves (typical test procedure – reference Figure F.2).....	85
Bibliography	87
Figure 1	– Specific terms	21
Figure 2	– Nomenclature.....	22
Figure 3	– Typical equipotential bonding arrangement	27
Figure 4	– Leakage current monitoring.....	30
Figure 5	– Example of temporary bypassing arrangement for chassis insulating system	32
Figure 6	– AC dielectric test before and after exposure to humidity (method A) – Typical test arrangement	40
Figure 7	– AC dielectric tests before and after exposure to humidity (method A) – Assembly diagram of the test piece to the guard electrodes.....	42
Figure 8	– AC dielectric tests before and after exposure to humidity (method A) – Constructional drawings for guard electrodes and parts	43
Figure 9	– AC dielectric tests before and after exposure to humidity (method A) – Constructional drawings for brass electrode and for insulating support parts according to test piece.....	44
Figure 10	– Details of electrode arrangement.....	46
Figure 11	– Test arrangement.....	46

Figure 12 – DC dielectric test before and after water soaking (method B) – Typical test arrangement	48
Figure 13 – Preparation of optical fibre cable test piece for test after the infliction of a gash	50
Figure 14 – Test of insulating basket or liner.....	51
Figure 15 – Test of the upper insulating system of devices with lower test electrode system	53
Figure 16 – Test of the upper insulating system of devices without permanently installed lower test electrode system.....	57
Figure 17 – Dielectric test for insulating insert/chassis insulating system	60
Figure 18 – Test of high electrical resistance component(s)	60
Figure E.1 – DC only test of the upper insulating system of devices without permanently installed lower test electrode system.....	78
Figure E.2 – DC only test of insulating lower boom insert or chassis insulating system	80
Figure F.1 – In-line check valve test for the insulating boom vacuum protection system	84
Figure F.2 – Atmospheric check valve assembly test for the insulating boom vacuum protection system.....	85
Table 1 – Values for AC dielectric tests of the upper insulating system of devices with lower test electrode system.....	54
Table 2 – Values for DC dielectric tests of the upper insulating system of devices with lower test electrode system.....	55
Table 3 – Dielectric test for aerial devices without lower test electrode system	58
Table C.1 – List and chronological order (where required) of type tests	67
Table D.1 – Classification of defects and associated requirements and tests	69
Table E.1 – Electrical test values for periodic electrical testing of insulating aerial devices with lower test electrode system for AC applications	75
Table E.2 – Electrical test values for periodic testing of insulating aerial devices without lower test electrode system for AC applications	75
Table E.3 – Electrical test values for periodic electrical testing of insulating components of aerial devices for AC applications	76
Table E.4 – Electrical test values for periodic electrical testing of insulating aerial devices with lower test electrode system for DC applications	76
Table F.1 – Allowable vacuum formation within hydraulic lines (adjusted for altitude)	86

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIVE WORKING – INSULATING AERIAL DEVICES FOR MOUNTING ON A CHASSIS

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 61057 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1991 and IEC TS 61813:2000. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) general review of the requirements and test provisions;
- b) preparation of the elements of evaluation of defects, and general application of IEC 61318:2007;
- c) distinguishes between tests for hollow booms and those for foam filled booms;
- d) references ISO 16368 for particular mechanical tests;

- e) further information on vacuum protection and leakage current monitoring and a mandatory requirement that aerial devices for bare hand work be fitted with a permanently installed lower test electrode system;
- f) *controls* of high electrical resistance;
- g) reference to SAE for insulating hydraulic hoses;
- h) inclusion of IEC TS 61813 for care, maintenance and in-service testing of aerial devices with insulating booms.

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

FDIS	Report on voting
78/1182/FDIS	78/1183/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

Terms defined in Clause 3 are given in italic print throughout this standard.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

INTRODUCTION

This document covers *insulating aerial devices* for use at temperatures between -25 °C and $+55\text{ °C}$. Where aerial devices are for use in unusual atmospheric conditions (for example, higher or lower temperatures), other considerations may be appropriate and will be identified by the *manufacturer* both in the markings and instructions for use.

The products covered by this document are primarily intended to be used for live working or for work within the live working zone. It recognizes that a user may specify a product, or products complying with this document where there is a risk of accidental contact with live (energized) part(s). In such circumstances users are reminded that national or local regulations regarding maintaining of Minimum Approach Distances to live parts, or those obtained from IEC 61472 are to be applied. Annex A of this document gives advice and information.

The product covered by this document may have an impact on the environment during some or all stages of its life cycle. These impacts can range from slight to significant, be short-term or long-term, and occur at the global, regional or local level.

Except for a disposal statement in the Instructions for use, this document does not include requirements and test provisions for the *manufacturers* of the product, or recommendations to the users of the product for environmental improvement. However, all parties intervening in its design, manufacture, packaging, distribution, use, maintenance, repair, reuse, recovery and disposal are invited to take account of environmental considerations.

LIVE WORKING – INSULATING AERIAL DEVICES FOR MOUNTING ON A CHASSIS

1 Scope

This document is applicable to *insulating aerial devices* for mounting on a *chassis*, to be used for live working on electrical installations at nominal voltages above 1 000V r.m.s. AC in the range 45 Hz to 65 Hz and 1 500V DC.

The primary purpose of an aerial device is for work positioning of personnel. Other devices, such as jibs, may be fitted in order to assist the *operator* in performing the work.

This document also includes requirements and tests for the parts of the *chassis* influencing the performance of the *insulating aerial devices* to be used for live working.

When mounted on a *chassis*, the *insulating aerial device* becomes a component of a mobile elevating work *platform* (MEWP). Complementary requirements for the resulting MEWP are included in ISO 16368.

NOTE 1 In Europe, EN 280 instead of ISO 16368 is often used as reference for complementary requirements.

The products designed and manufactured according to this document contribute to the safety of users, provided they are used by skilled persons, in accordance with safe methods of work and the instructions for use.

NOTE 2 Any requirements that are in conflict with or are meant to be complementary to ISO 16368 are delineated herein.

Radial boom (digger) derricks are not covered by this document.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60212:2010, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 61318, *Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment*

IEC 62237:2003, *Live working – Insulating hoses with fittings for use with hydraulic tools and equipment*

ISO 16368:2010, *Mobile elevating work platforms – Design, calculations, safety requirements and test methods*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design*

SAE J343, *Test and Test Procedures for SAE 100R Series Hydraulic Hose and Hose Assemblies*

SAE J517, *Hydraulic hose*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61318, ISO 16368 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

aerial device

insulating aerial device

any device, extensible, articulating or both, incorporating insulating components and which is primarily designed and used to position personnel at or near an electric potential different from that of earth

Note 1 to entry: An *insulating aerial device* may also be used to handle material if designed and equipped for that purpose.

Note 2 to entry: An *insulating aerial device* does not include a *chassis*. When an aerial device is mounted on a mobile *chassis* it becomes a component of a mobile elevating work *platform* (MEWP).

3.2

aerial device centre of gravity – horizontal

horizontal component of the distance from the axis of rotation to the centre of gravity of the aerial device in the *stowed position*

SEE: Figure 1

3.3

aerial device centre of gravity – vertical

vertical component of the distance above the mounting surface of the aerial device to the centre of gravity of the aerial device in the *stowed position*

SEE: Figure 1

3.4

aerial device mass

mass of the standard aerial device, less optional counterweights, accessories and auxiliary equipment

3.5

bare hand working

live working carried out in accordance with a method where the worker is electrically bonded to the energized parts on which live working is to be performed whilst being suitably isolated from surrounding parts which are at different potentials

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-07, modified – The definition has been modified for clarity.]

3.6

basket

bucket

totally enclosed type of *platform* which does not need guardrails or toe-guard

3.7

boom tip

furthest extremity of the *upper boom* from the *turntable* and the end of the *upper boom* to which the *platform* is attached

SEE: Figure 2

3.8

brittle material

fibreglass-reinforced plastic material or material that does not meet the requirements for *ductile material*

3.9

cab-axle dimension

distance between the back of the cab and the *rear axle centreline* of the *chassis* recommended for mounting the aerial device

SEE: Figure 1

3.10

centre of rotation location

distance from the centreline of the rear axle to the axis of rotation of the *turntable*

SEE: Figure 1

3.11

chassis

base on which the aerial device is mounted

3.12

chassis frame height

height from ground level to the top of the *chassis* frame rail

SEE: Figure 1

3.13

chassis insulating system

all dielectric components installed between the *chassis* and the upper insulating boom and designed to insulate the *chassis* should the portion of the aerial device between the upper insulating boom and this system contact a live part

SEE: Figure 2

Note 1 to entry: A *lower boom insulating insert* is a type of *chassis insulating system*.

3.14

conductive shield

guard ring

device used to shield the *lower test electrode system* from capacitive coupling

3.15

control

means by which operation of a function is effected

3.16

disruptive discharge

sparkover

flashover

passage of an arc following dielectric breakdown

Note 1 to entry: The term “sparkover” (in French “amorçage”) is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric.

Note 2 to entry: The term “flashover” (in French “contournement”) is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric surrounded by a gaseous or liquid medium.

Note 3 to entry: The term “puncture” (in French “perforation”) is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-38]

3.17

ductile material

material that has a minimum elongation at failure of 10 % in a gauge length of 51 mm of a standardized test specimen

3.18

elbow

structure connecting the *upper boom* to the *lower boom*, about which one articulates relative to the other

SEE: Figure 2

3.19

elbow pin

horizontal pin about which the *upper boom* rotates relative to the *lower boom*

SEE: Figure 2

3.20

extensible boom aerial device

aerial device on which the length of the *upper boom* can be varied within pre-determined limits

EXAMPLE telescoping boom

3.21

fixed handling tool

tool that is mechanically mounted at the *boom tip* or *platform*

EXAMPLE *jib*, phase lifter

3.22

formally trained and qualified person

competent person possessing the appropriate practical and theoretical knowledge and having adequate skill and experience to enable them to perform the required duty, interpret the resultant information and from that information determine that the equipment is safe to use, and report the importance of any defect found or suspected in relation to the safety and continued use of the equipment

3.23**front overhang**

maximum distance of any part of the *aerial device* forward of the front bumper

SEE: Figure 1

3.24**front projection**

maximum distance of any part of the *aerial device* forward of the front axle centreline when stowed for travel

SEE: Figure 1

3.25**gradient control device**

corona ring

device at the upper end of an *insulating boom* that reduces electrical stress level(s) below that considered to be disruptive

3.26**guardrail system**

guard rail system

system of barriers intended to protect personnel from falling to lower levels

3.27**hot stick working**

live working carried out in accordance with a method where the worker remains at a specified distance from the energized parts and carries out the work by means of insulating sticks

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-05]

3.28**horizontal reach**

maximum distance reached from the centreline of the rotating *turntable* to the outer edge of the *platform*

SEE: Figure 1

3.29**instability**

condition of a MEWP in which the sum of the moments tending to overturn the MEWP is equal to or exceeds the sum of the moments tending to resist overturning

3.30**insulating boom**

insulating component of the extending structure denominated the *upper boom* and, where provided, the *lower boom insert*.

Note 1 to entry: ISO 16368 defines *extending structure*.

3.31**insulating glove working**

live working carried out in accordance with a method where the worker is in direct contact with an energized part and is electrically protected by electrical insulating gloves

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-06]

**3.32
insulation gap**

<upper boom> minimum length of the upper insulating system being the shortest distance in any boom position between conductive components at each end

SEE: Figure 1

**3.33
insulation gap**

<lower boom> minimum length of the *chassis insulating system*

SEE: Figure 1

**3.34
jib**

auxiliary arm at the *upper boom tip* to handle supplemental loads

SEE: Figure 2

**3.35
liner**

insert which fits inside the *platform*

SEE: Figure 2

Note 1 to entry: The *liner* may be insulating or conductive.

**3.36
lower boom**

structural member attached to a *turntable* or base, which supports the *upper boom*

SEE: Figure 2

**3.37
lower boom cylinder**

hydraulic cylinder which articulates the *lower boom*

SEE: Figure 2

**3.38
lower boom insert
lower boom insulating insert**

part of the *lower boom* made of high dielectric strength material

Note 1 to entry: The material is usually made of fibreglass reinforced plastic or equivalent.

**3.39
lower boom pin**

horizontal pin about which the *lower boom* is raised and lowered relative to the *turntable*

SEE: Figure 2

**3.40
lower test electrode system**

components installed on the aerial device that enable current monitoring across the insulating section

SEE: Figure 5c

3.41**lower boom travel up**

maximum angle reached by the *lower boom* measured above the horizontal axis passing through the *lower boom pin*

SEE: Figure 1

3.42**lower boom travel down**

maximum angle reached by the *lower boom* measured below a horizontal axis passing through the *lower boom pin*

SEE: Figure 1

3.43**lower control**

control mounted on the *chassis* (vehicle, *turntable* or *pedestal*) designed for the movement functions of the aerial device and other functions

SEE: Figure 2

Note 1 to entry: "Other functions" include operational checks, testing, or emergency rescue of *operator(s)*.

3.44**manufacturer**

person or entity with overall responsibility for the design, specification, fabrication, assembly and testing of the aerial device

3.45**model**

manufacturer's designation for the specified aerial device

3.46**operator**

person trained, authorized, and engaged in the operation of the *aerial device*

3.47**outrigger**

structural member which, when properly extended or deployed on firm ground, assists in stabilizing the MEWP

SEE: Figure 2

3.48**outrigger control**

control for operating the *outrigger(s)*

SEE: Figure 2

3.49**outrigger height**

distance from ground level to the bottom of retracted *outriggers*

SEE: Figure 1

3.50**outrigger penetration**

distance below ground level which the *outriggers* can reach when fully extended

SEE: Figure 1

3.51

outrigger spread

distance between the outer edges on fixed pads, or between pins on pivoted pads, of opposite *outriggers* resting on level ground

SEE: Figure 1

3.52

outrigger spread

distance between the outer edges on fixed pads, or between pins on pivoted pads, of opposite *outriggers* when fully extended

SEE: Figure 1

3.53

overall length

maximum distance of any part of the aerial device or the *chassis* between the front and the back in the *stowed position*

SEE: Figure 1

3.54

override

means of disabling or bypassing normal control and safety devices for emergency operation, maintenance or testing

3.55

pedestal

stationary base of the *aerial device* that supports the *turntable*

SEE: Figure 2

3.56

platform

component of an aerial device such as a *basket*, stand, or equivalent that carries personnel and their tools

SEE: Figure 2

3.57

platform capacity

component of *rated load capacity* consisting of the mass of personnel and all items carried on or in the *platform* such as liner, tools, equipment, etc.

3.58

platform pin

axle about which the *platform* moves relative to the *upper boom*

SEE: Figure 2

3.59

rated load capacity

maximum vertical load which can be lifted by the aerial device through the specified range of boom elevation and extension with specified options installed and in consideration of stability requirements

Note 1 to entry: The rated load capacity is generally considered as platform capacity + supplemental capacity.

**3.60
rated platform height of the MEWP**

nominal distance at maximum elevation from the bottom of the *platform* to the ground when mounted on a reference *chassis* height of 1 m

SEE: Figure 1

**3.61
rated voltage of the aerial device**

U_r
maximum use voltage of the aerial device

Note 1 to entry: For AC, the rated voltage corresponds to the maximum r.m.s. phase to phase voltage of a three-phase system.

Note 2 to entry: For DC, the rated voltage corresponds to the maximum voltage between positive and negative poles of a system.

**3.62
rear axle centreline**

location of the combination moment equivalent for the centrelines of one, two, three or more rear axles

SEE: Figure 1

**3.63
rear projection**

maximum distance of any part of the *aerial device* behind the *rear axle centreline* when stowed for travel

SEE: Figure 1

**3.64
rear overhang**

maximum distance of any part of the *aerial device* behind the rear bumper

SEE: Figure 1

**3.65
stabilizer
outrigger
jack
suspension locking device
extending axle
torsion bar**

any device or system used to stabilize a MEWP by supporting and/or levelling the complete MEWP or the extending structure

SEE: Figure 2

[SOURCE: ISO 16368:2010, definition 3.33]

**3.66
stowed position**

configuration as defined by the *manufacturer* where the MEWP is positioned for travel

**3.67
supplemental capacity**

component of *rated load capacity* which may be fixed directly to the boom(s) or to load carrying attachments on the *aerial device*

3.68**travel height**

overall height from ground level to the highest point on the *aerial device* when the MEWP is in a *stowed position*

SEE: Figure 1

3.69**turntable**

rotating base of the *aerial device* that supports the booms

SEE: Figure 2

3.70**turntable rotation****turntable slewing**

range of *turntable* rotation, in either direction, expressed as continuous or non-continuous, specified in angular degrees

SEE: Figure 1

3.71**upper boom**

primary insulating structural member attached to the *lower boom*, or to an extendable structure and which supports the *platform*

SEE: Figure 2

3.72**upper boom cylinder**

hydraulic cylinder which articulates the *upper boom*

SEE: Figure 2

3.73**upper boom drive mechanism**

means, such as linkage, cables, sheaves and gears, used to produce *upper boom* articulation

SEE: Figure 2

3.74**upper boom travel up**

maximum angle reached by the *upper boom* measured above a horizontal axis passing through the *elbow pin* at its maximum height

SEE: Figure 1

3.75**upper boom travel down**

maximum angle reached by the *upper boom* measured below a horizontal axis passing through the *elbow pin* at its maximum height

SEE: Figure 1

3.76**upper (platform) control**

control located in or beside the *platform*, and designed for the operational functions of the aerial device and other functions

SEE: Figure 2

Note 1 to entry: Other functions include *control* of the *jib* and winch.

Note 2 to entry: There may be one or more controls, each operating different functions.

3.77

wheel base

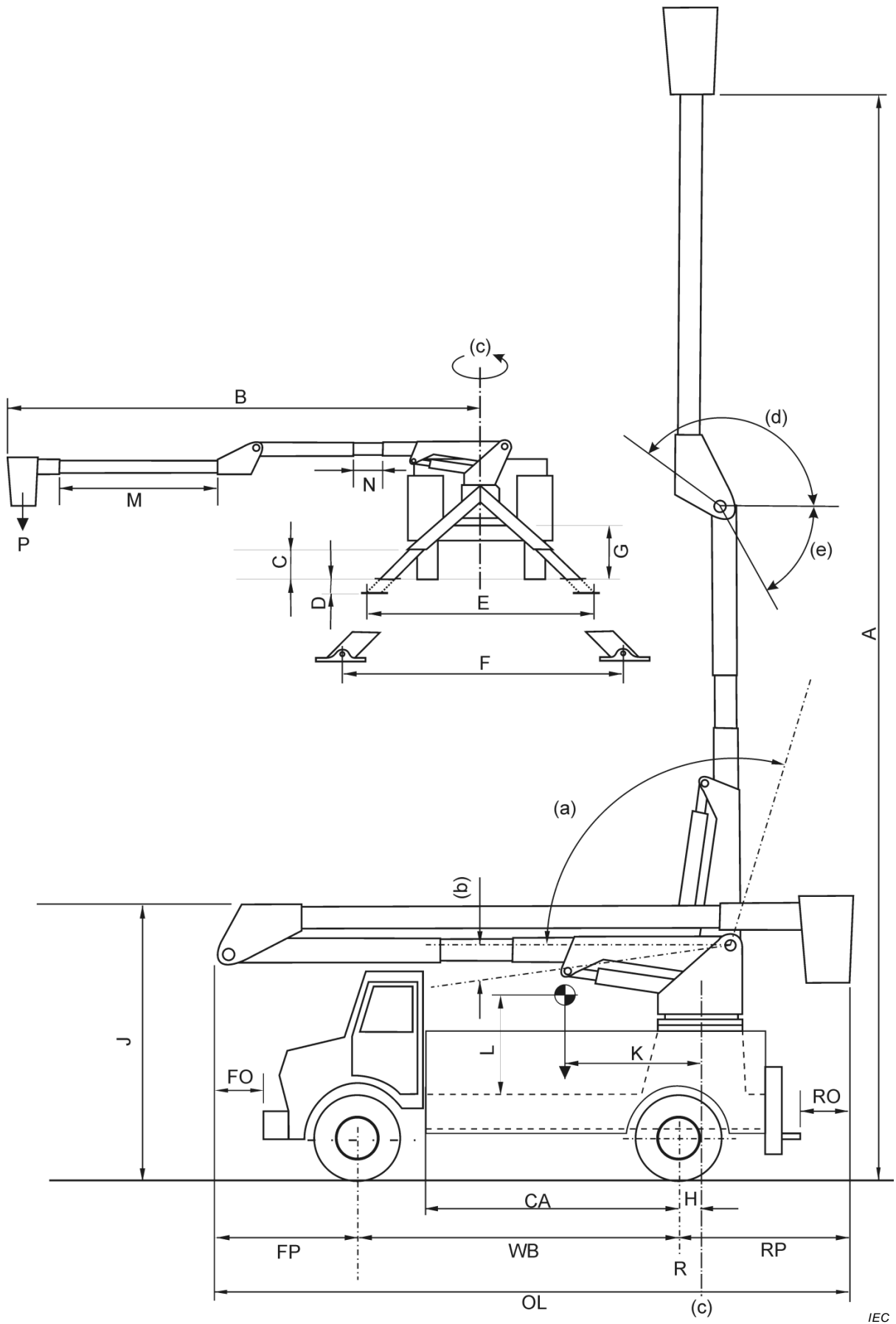
distance between the front and *rear axle centrelines* of the *chassis*

SEE: Figure 1

4 Specific terms and nomenclature

For the purposes of clarity and to prevent possible confusion between *manufacturers* and users, Figures 1 and 2 identify the standard terms to be used when designing, specifying and marking aerial devices with insulating booms for live working.

Clause 3 defines these standard terms.

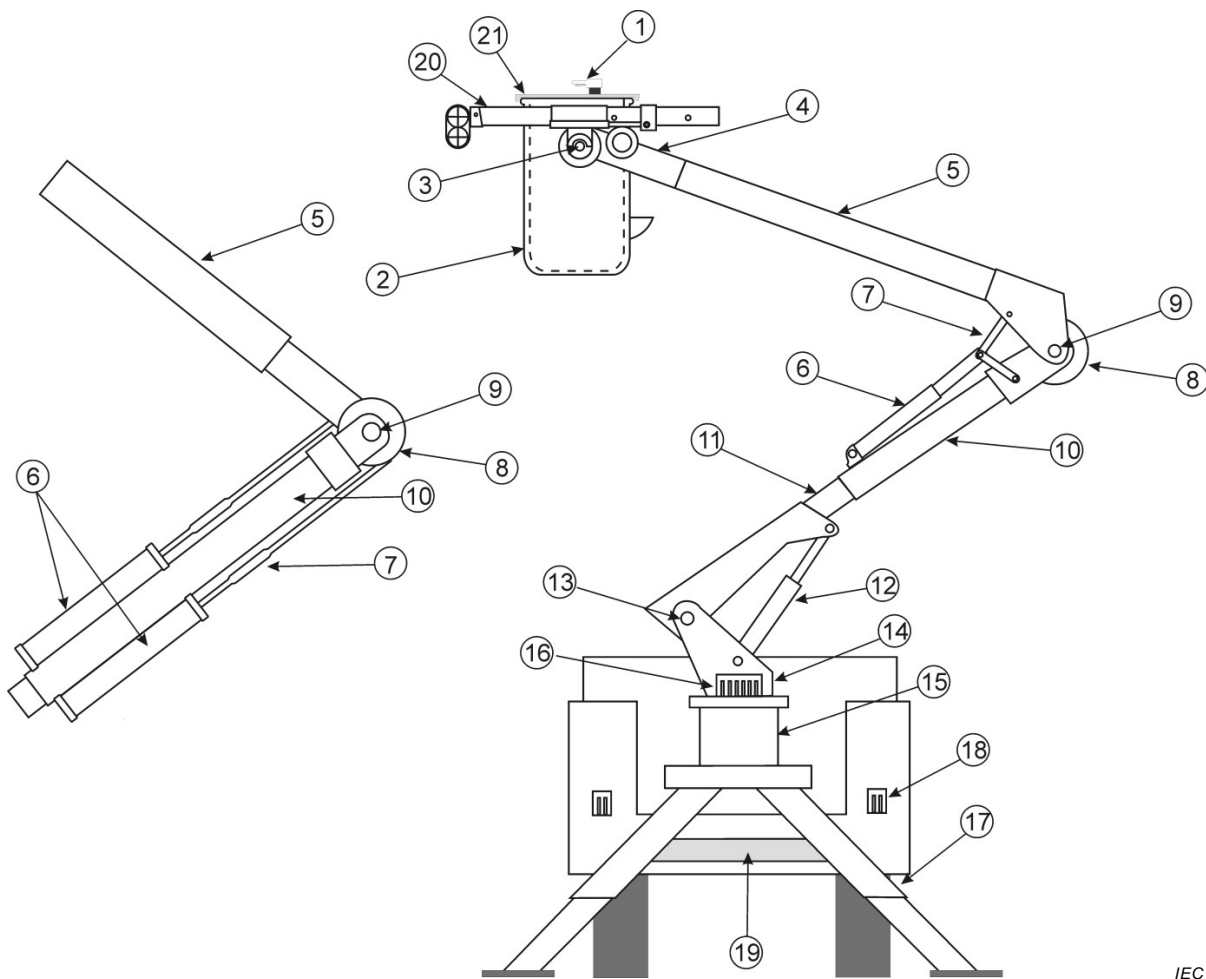


Key

A	rated platform height (of the MEWP)	M	insulation gap (upper boom) ^a
B	horizontal reach	N	insulation gap (lower boom) ^a
C	outrigger height	OL	overall length
CA	cab-axle dimension	P	rated capacity
D	outrigger penetration (below ground level)	R	centreline of rear axle(s)
E	outrigger spread (at ground level)	RO	rear overhang
F	outrigger spread (at maximum extension)	RP	rear projection
FO	front overhang	WB	wheel base
FP	front projection	(a)	lower boom travel up
G	chassis frame height	(b)	lower boom travel down
H	centre of rotation location	(c)	centre of turntable rotation
J	travel height (stowed) of the MEWP	(d)	upper boom travel up
K	aerial device centre of gravity – horizontal	(e)	upper boom travel down
L	aerial device centre of gravity – vertical		

Minimum insulation gaps are not determined by exposed insulating materials. Internal conductive components may determine these measurements (see 3.32 and 3.33).

Figure 1 – Specific terms



IEC

Key

- | | | | | | |
|---|----------------------------|----|---------------------|----|--------------------|
| 1 | upper platform controls | 8 | elbow | 15 | pedestal |
| 2 | platform | 9 | elbow pin | 16 | lower controls |
| 3 | platform pin | 10 | lower boom | 17 | outrigger |
| 4 | boom tip | 11 | lower boom insert | 18 | outrigger controls |
| 5 | upper boom | 12 | lower boom cylinder | 19 | stabilizer |
| 6 | upper boom cylinder | 13 | lower boom pin | 20 | jib |
| 7 | upper boom drive mechanism | 14 | turntable | 21 | liner |

Figure 2 – Nomenclature

5 Requirements

5.1 Controls

5.1.1 Activation and operation

For the purpose of this document, the corresponding requirements of ISO 16368 do not apply. *Control* activation and operation of the devices covered by this standard shall fulfil the following requirements.

Aerial devices shall be provided with *controls* such that all functions can only take place while the corresponding *control* is being actuated.

As a means to prevent inadvertent or unintentional operation, *upper boom* positioning *controls* shall require the use of an enabling or interlock device which shall be engaged prior to operating the *control* itself and which shall be continually maintained during the use of the *control*. The enabling or interlock device and *control* shall return to the locked or neutral position when released by the *operator*.

Based on the design and type of aerial device and the *control* panel arrangement employed, *controls* can move in a direction that corresponds logically to the movement function they *control* recognizing that it is not always possible in all design configurations.

Controls systems shall take into account any field effects associated with operating in a live working environment including those associated with bonding of platforms when performing *bare hand working*.

Controls shall be positioned to avoid danger to the *operator* from moving parts of the unit.

Controls shall be clearly marked to identify their function and protected from damage.

5.1.2 Duplicate controls

For the purpose of this document, the corresponding requirements of ISO 16368 do not apply. Duplicate *controls* of the devices covered by this document shall fulfil the following requirements.

As a minimum, aerial devices shall have two sets of *controls*. One set of controls (*upper controls*) shall be located in or beside the *platform* and readily accessible to the operator. *Aerial devices* which have two *platforms* shall have the *controls* positioned to provide operation to be accomplished from either *platform* with reasonable ease and without the need to disengage any fall protection device which an operator may be wearing.

NOTE A distance of 0,8 m from the secondary platform to any control device is considered adequate for "reasonable ease".

A duplicate set of *controls* (*lower controls*) shall be provided and located such that an *operator* of the *lower controls* cannot be placed in the electrical path between the *aerial device* and the ground.

A selector between upper and *lower controls* shall be provided at the *lower control* station. When engaged in the *lower control* position, the *lower controls* shall *override* the *upper controls* for all powered functions of the extending structure and winch (if equipped) with the exception of *control* of the *jibs* and other non boom positioning functions.

Unless the *control* system is defective, a *control* at the *platform* which becomes activated shall not prevent the *lower controls* from being selected and functioning normally.

If movement can be controlled from additional *control* stations, *control* shall be possible from only one pre-selected *control* station. The *lower controls* shall *override* all additional *controls*.

5.1.3 Emergency stop

For the purpose of this document, the corresponding requirements of ISO 16368 do not apply. Emergency stop of the devices covered by this document shall fulfil the following requirements.

A means shall be provided at each *control* station to effect an emergency stop of all functions according to ISO 13850. The function shall not require continuous actuation for a stop condition. It shall be permanently marked to identify its function.

At the *lower controls*, the *override control* may be used as the emergency stop. In such a case, it shall perform this function consistent with the above paragraph.

5.1.4 Control of outriggers

For the purpose of this document, the corresponding requirements of ISO 16368 do not apply. The *outrigger control(s)* shall fulfil the following requirements.

The *control(s)* shall be located so that its *operator* has a clear unobstructed view of the *outrigger* being operated.

The *control(s)* shall be guarded against inadvertent activation. A selector or other means is acceptable.

The system shall be designed to prevent:

- simultaneous operation of outriggers and aerial device;
- retraction of the outriggers unless the aerial device is in its *stowed position*;
- operation of the aerial device unless the outriggers are deployed (unless the aerial device has been designed and tested for use inside a restricted work envelope without the use of outriggers).

An *override* of these functions can be provided. When provided, the *override* mode of operation shall disable automatically.

5.1.5 Monitoring of radio and optical fibre controls

A process shall be provided in the case of radio or optical fibre *controls* to verify communication between the sender and receiver.

5.1.6 High electrical resistance upper control system(s)

There is no requirement for the aerial device to be provided with high electrical resistance upper *control* system(s). Such systems may reduce electrical contact hazard at the platform. It is not part of the primary insulating system and is excluded when determining the *rated voltage of the aerial device*. When identified as a high electrical resistance system, it shall be electrically tested to confirm its performance (see 6.7.3.2 for the test method).

5.2 Failure of the source of power

All movement shall cease should there be a failure of the source of power. On starting, or on restoration of power after failure of the power supply, no movement shall occur unless there is a deliberate action by the *operator*.

5.3 Restoration of power after failure

An overriding system shall be provided (e.g. hand pump, secondary power unit, etc.), in an easily accessible position, to ensure that, in the event of failure of the main power supply or the *operator* becoming incapacitated, the work *platform* can be returned to a position from which it is possible to leave it without danger, taking into account the need to manoeuvre it clear of obstructions.

5.4 Boom travel protection

A means shall be provided to prevent damage to the boom(s) and work platform(s) whilst in the *stowed position* from vibrations during travel (see 4.4.6 of ISO 16368:2010).

5.5 Chassis inclination

For the purpose of this document, the requirements of 4.3.2 of ISO 16368:2010 apply except for the requirements regarding MEWPs of type 2 and type 3 defined in ISO 16368:2010.

A device shall be provided to indicate whether the inclination of the *chassis* is within the limits permitted by the *manufacturer*. This device shall be protected against damage and accidental change of its setting.

For aerial devices with *stabilizers* intended for levelling, an indication of inclination of the *chassis* (e.g. inclinometer) shall be clearly visible from each *control* position of the *stabilizers*.

5.6 Locking pins

For the purpose of this document, the corresponding requirements of ISO 16368:2010 do not apply in their entirety.

Any locking pins shall be secured against unintentional disengagement and loss.

5.7 Electrical requirements

5.7.1 Insulating systems

All components crossing the insulating sections of the aerial device shall have electrical insulating characteristics consistent with the design voltage rating of the boom, and when provided, of the *chassis insulating system*.

NOTE The use of insulating tubes and rods complying with IEC 60855-1 or IEC 61235 in the design of such components will contribute to fulfilling this requirement.

The insulating system shall maintain the electrical insulating characteristics in all working boom configurations as defined by the *manufacturer*.

All components of the insulating system shall be designed to prevent moisture and contaminants being trapped (or confined) across an insulating section.

The limits of the insulating sections shall be marked on the external surface and be clearly visible to the *operator*. Sections of the aerial devices marked as insulating shall be clear of external and internal conductive components.

5.7.2 Insulating booms (including lower boom insulating insert / chassis insulating system)

5.7.2.1 Insulating materials

Insulating materials used to manufacture the insulating booms, and *lower boom insulating insert* if provided, shall fulfil the requirements of this document.

5.7.2.2 Open hollow booms

Open hollow booms shall be manufactured in such a way that cleaning, drying and inspection of the inside are possible.

NOTE An endoscope or any other camera system can be used to permit the internal survey of the boom.

5.7.2.3 Sealed hollow booms

Sealed hollow booms shall be equipped with a system to prevent the accumulation of dust and moisture.

NOTE An example is where the boom is filled with inert gas in which case the difference in pressure between the gas and the atmosphere is measured continuously to ensure the efficiency of the sealing.

5.7.2.4 Foam filled booms

Where applicable, foam filled booms shall meet the requirements of IEC 60855-1.

The foam filling shall be bonded to the wall of the boom. The foam filling shall be free of voids, separations, cracks or other defects.

5.7.3 Non-conductive/insulating hydraulic hoses and lines

Non-conductive/insulating hoses shall comply with the tests and test procedures of SAE J343 and the general, dimensional and performance specifications of SAE J517 for 100R7 hoses and/or 100R8 hoses.

Non-conductive/insulating hoses that are installed external to the boom and shunt an insulating section shall, at the request of a user, provide additional performance requirements by conforming with: SAE J343 and SAE J517 for 100R7 hoses and/or for 100R8 hoses, plus an additional dielectric test specified in 5.3.1.2 and 5.3.1.3 of IEC 62237:2003, and an additional test after the infliction of a cut as specified in 5.3.1.4 of IEC 62237:2003.

The external surface of non-conductive/insulating hoses shall be clearly identified to indicate that they are non-conductive or insulating.

Fluid used in hoses and lines shall have electrical characteristics that do not reduce the electrical integrity of the insulating system.

Non-conductive/insulating pneumatic lines shall have electrical characteristics equivalent to non-conductive/insulating hydraulic hoses.

Manufacturer shall indicate to the users the standard(s) to which the hoses comply in terms of dielectric performance.

5.7.4 Insulating fixed handling tools

Boom tip, jibs and/or other handling tools used for handling energized conductors and apparatus, shall be rated at the appropriate line voltage to insulate the *boom tip*.

Insulating *fixed handling tools* shall be marked for the use.

NOTE The use of insulating tubes and rods complying with IEC 60855-1 or IEC 61235 in the design of *jibs* will contribute to fulfilling this requirement.

5.7.5 Insulating optical fibre cables

Optical fibre cables shall have electrical characteristics equivalent to insulating hydraulic hoses.

Optical fibre cables that form part of the insulating system shall be insulating and tested in accordance with 6.6.2.4.2.

When optical fibre cables are installed outside the boom and cross an insulation gap, they shall also be tested in accordance with 6.6.2.4.3.

5.7.6 Equipotential bonding

Aerial devices designed for *bare hand working* (see Annex A) shall have equipotential bonding of all conductive components at the *platform* end (see Figure 3).

Conductive components may include *platform* mounted hardware, all *controls*, *control* valves, tool connections, engine kill switch, *gradient control device*, conductive liner, etc.

Manufacturer shall identify, in the instructions for use, the *boom tip* bonding points to be employed for test purposes and, where the aerial device is to be utilized for bare hand work, the *boom tip* bonding points to be employed for use.

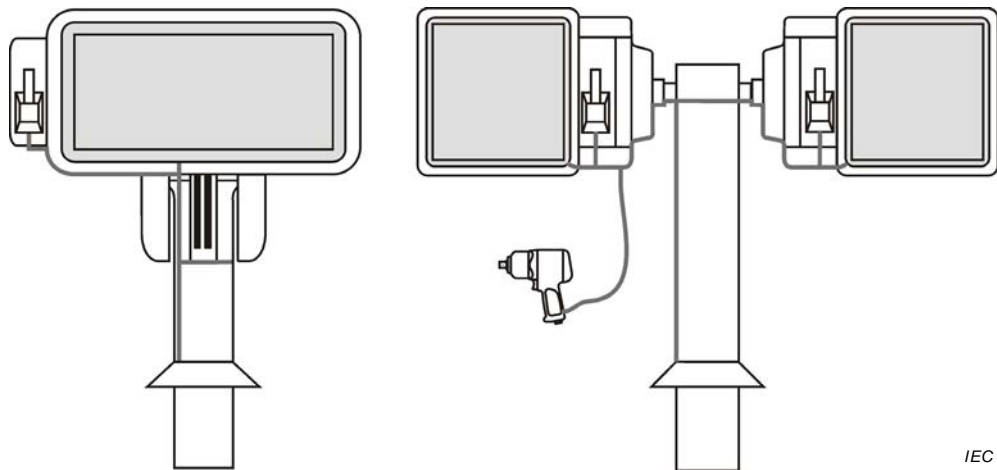
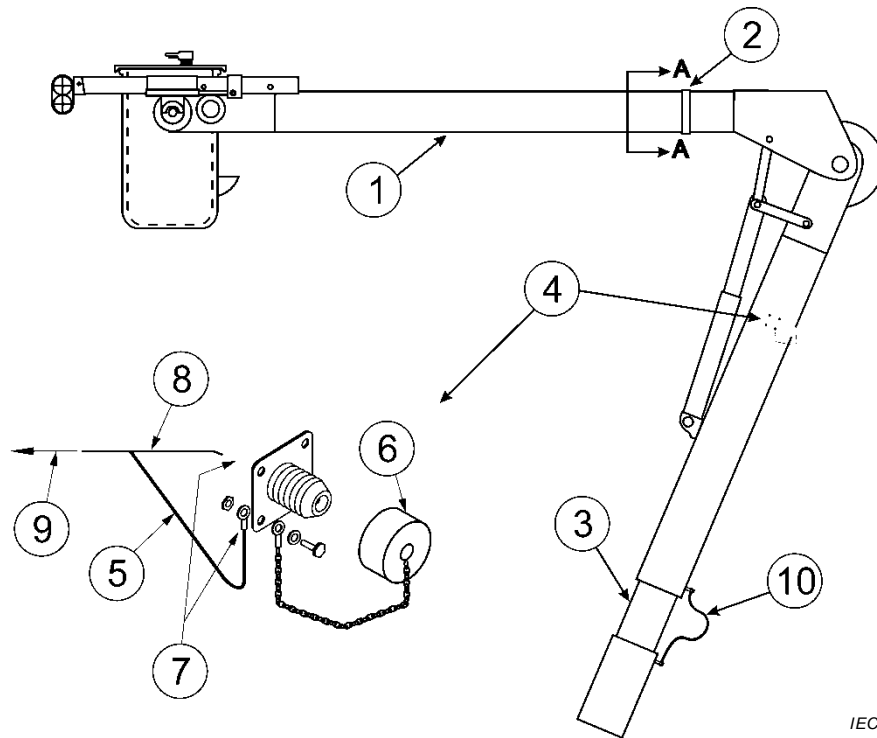


Figure 3 – Typical equipotential bonding arrangement

5.7.7 Lower test electrode system

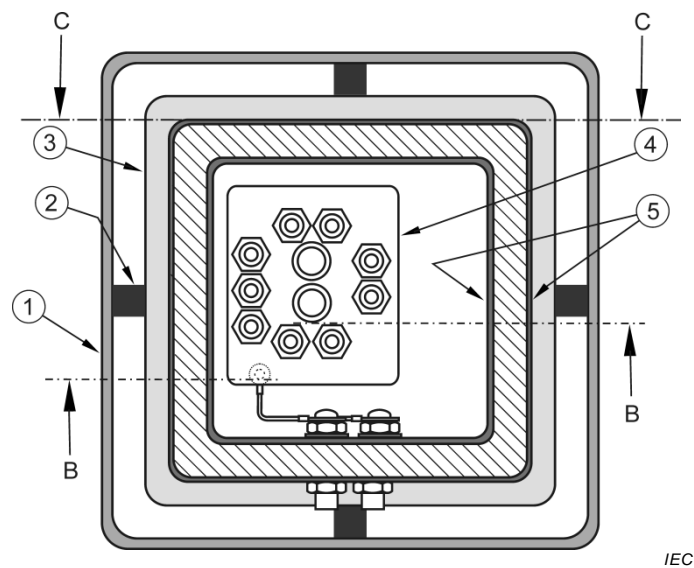
Aerial devices designed for *bare hand working* shall be equipped with a permanently installed *lower test electrode system*. An example of a *lower test electrode system* is illustrated in Figure 4.



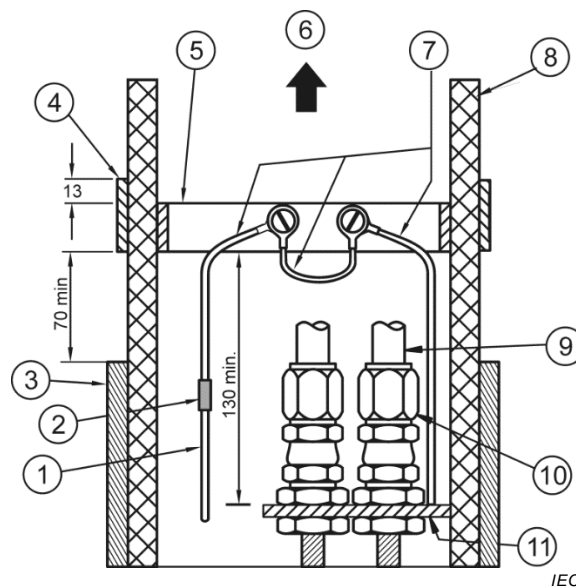
Key

- | | |
|---|--|
| 1 upper boom | 6 weatherproof cap |
| 2 leakage current monitoring band | 7 solder |
| 3 insulating insert | 8 insulated conductor or multiple conductor cable (multi-position switch required) |
| 4 meter receptacle – shorted when not in use | 9 to monitoring band |
| 5 metal shielding connected between the meter receptacle and the metal boom | 10 shunt |

Figure 4a – Typical Lower Test Electrode System (conductive shield omitted)

**Key**

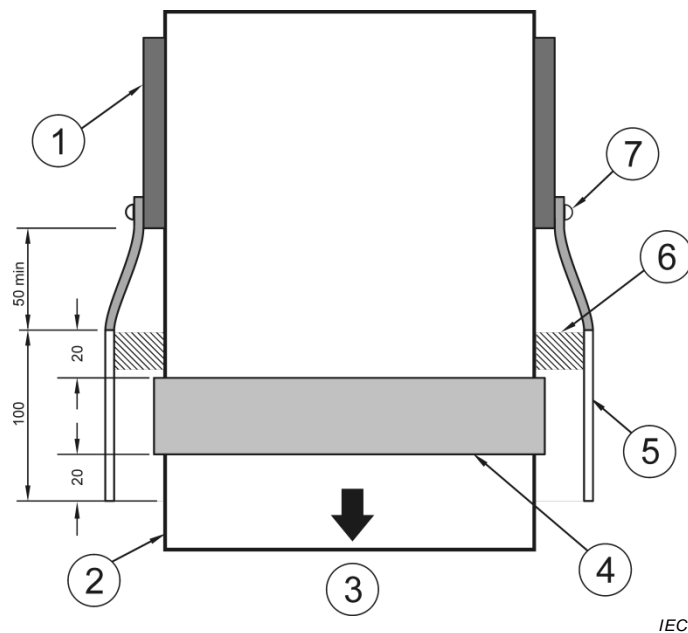
- | | | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | Conductive shield | 3 | Conductive (metal) boom | 5 | leakage current monitoring bands |
| 2 | Plastic insulating blocks | 4 | hydraulic hose metal bulkhead | | |

Figure 4b – Section AA of Figure 4a – Layout of interconnection*Dimensions in millimetres***Key**

- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | coaxial cable from receptacle | 7 | insulated wires |
| 2 | fold back metal shielding approximately 50 mm from terminal and insulate exposed end of shielding | 8 | insulating boom |
| 3 | conductive (metal) boom | 9 | hydraulic hoses |
| 4 | outer leakage current monitoring band with leading edge closer to the boom tip than inner | 10 | bulkhead fittings |
| 5 | inner leakage current monitoring band | 11 | hydraulic hose metal bulkhead to be electrically insulated from metal portion of boom |
| 6 | to platform | | hydraulic hoses connected to the non-insulating side of the bulkhead shall be non-conductive and a minimum length of 150 mm |

Figure 4c – Section BB of Figure 4b – Details of lower test electrode assembly (conductive shield and plastic blocks omitted)

Dimensions in millimetres



Key

- | | | | |
|---|---|---|-------------------|
| 1 | conductive (metal) boom | 5 | conductive shield |
| 2 | insulating boom | 6 | insulating blocks |
| 3 | to platform | 7 | fixings |
| 4 | outer leakage current monitoring band with leading edge closer to the boom tip than inner | | |

Figure 4d – Section CC of Figure 4b – Example of conductive shield

Figure 4 – Leakage current monitoring

Aerial devices which are equipped with a system for measuring and monitoring the leakage current shall have conductive bands permanently installed one on the inside and one on the outside surfaces of the insulating portion of the *upper boom* for the purpose of measuring and monitoring leakage current.

The conductive leakage current monitoring bands shall be 70mm minimum from the metal portion of the lower end of the insulating *upper boom*. Distance between the inner leakage current monitoring band and the hose bulkhead shall be 130 mm minimum to provide electrical shielding of metal hose couplings. Outer test band shall be extended towards the *platform end (boom tip)* by 13 mm minimum past the leading edge of the inner current monitoring band in order to avoid discharges due to negative corona on the inside surface of the boom during testing.

All fibre optic lines crossing the insulating portion of the *upper boom* shall have conductive couplings at the common point (bulkhead) to enable connection of the inside and outside of each line to the current monitoring circuit. On fibre optic lines sanctioned by test to be dielectrically sound and to not wick water, the leakage current monitoring circuit may be connected to the outer sheathing only.

All hydraulic and pneumatic lines crossing the insulating portion of the *upper boom* shall have conductive couplings at a common point, which can be at a bulkhead, which connect the inside and outside of each line to the current monitoring circuit. For an example of a layout for hollow booms, see Figure 4b and Figure 4c.

All other components that cross the insulating section of the *upper boom*, such as levelling rods, shall connect to the common point (bulkhead) that enables leakage current monitoring.

Provisions shall be made for the isolation of individual components to identify each leakage current monitoring path. A shielded lead(s) to the meter receptacle shall provide the leakage current monitoring path from the lower bulkhead of the *upper boom*.

In the case of hollow boom, access shall be provided to the bulkhead and to the electrical connections inside the boom.

Insulating aerial devices equipped with *gradient control devices* shall have the *lower test electrode system* equipped with a *conductive shield* (See Figure 4d) to reduce the capacitive coupling effect and to improve indication of actual leakage current across the insulating system.

The leakage current monitoring system should be designed so that it is not damaged due to surges produced by make or break of contact.

5.7.8 Corona effect

No damage to insulating materials (surface tracking, erosion, etc.) shall occur due to corona effects.

5.7.9 Gradient control devices

Where required, aerial devices shall be equipped with a *gradient control device(s)* on the *platform* end of the insulating section of the *upper boom*.

The *gradient control device(s)* shall be designed to prohibit installation in an orientation not intended by the *manufacturer* or permanently marked to identify the *manufacturer's* intended orientation.

All conductive parts, including *platform* fittings shall be bonded to the *gradient control device*.

No conductive component shall extend down the insulating section of the boom past the *gradient control device(s)* in any boom position.

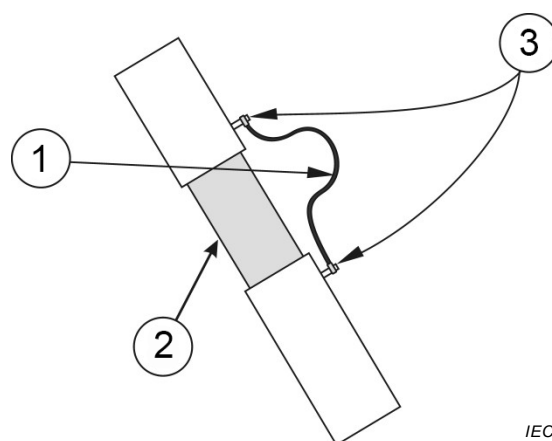
NOTE 1 The necessity of a *gradient control device* on aerial devices is determined by the type test.

NOTE 2 Experience indicates that gradient control device(s) are generally required on aerial devices with a rated voltage above 138 kV.

5.7.10 Chassis insulating system bypass

Aerial devices shall be provided with a means to bypass the *chassis insulating system*.

Figure 5 illustrates an example of a *chassis insulating system* (in this case a *lower boom insulating insert*) and a means of bypassing.



IEC

Key

- 1 shunt
- 2 chassis insulating system
- 3 stainless steel stud with 25 mm of thread exposed

Figure 5 – Example of temporary bypassing arrangement for chassis insulating system

5.7.11 Chassis earthing system

Aerial devices designed for *bare hand working* or at the user's request shall be equipped with a means of earthing the *chassis* and subframe. The means shall be agreed between the user and the *manufacturer* and shall be appropriately rated for the prospective short circuit current for the system to be worked upon.

Where an earthing reel is provided, the resistance between the earth clamp and the bonding jumper shaft connection shall be less than 0,002 Ω.

The minimum requirement should be an earthing stud which is suitably located and easily accessible on the aerial device, complete with cable and earth clamp having a minimum fault current rating of 43 kA for 15 cycles.

5.8 Particular mechanical requirements

5.8.1 Structural design

Structural elements of the aerial device which support the platform, the *platform* itself, and material carrying attachments shall be so designed that they fulfil the requirements and tests included in this document.

The general structural design shall provide against failure by yielding. The general structural design shall provide against failure by fatigue fracturing.

For *ductile materials*, the design stress shall not be more than 50 % of minimum yield strength of the material.

For *brittle materials* and fibreglass reinforced plastic (including insulating booms, tubes, rods and *jibs*), the design stress shall not be more than 20 % of the minimum ultimate strength of the material.

For chains, wire rope assemblies and components rated according to ultimate strengths, the design loads shall not be more than 20 % of the ultimate strength.

5.8.2 Stability

The stability requirements and the related tests of 5.1.4.5 of ISO 16368:2010 (Vehicle-mounted overload and stability check tests) shall apply. There shall be no *instability*.

5.8.3 Wind speed

The wind forces of 4.2.2.3 of ISO 16368:2010 shall apply.

5.9 Speeds of the extending structure

The requirements of ISO 16368:2010, 4.4.5 (Speeds of extending structure) shall apply.

5.10 Load sensing

There are no load sensing requirements for the products covered by this document.

NOTE The use of electrical load sensing as safeguarding against overload and instability may create new hazards for an *insulating aerial device* whereas non-electrical load sensing may not meet performance requirements for load sensing as specified in ISO 16368:2010, 4.4.

5.11 Requirements for the hydraulic system

5.11.1 Hydraulic depressurization (vacuum protection)

Aerial devices having hydraulic lines that cross the insulating boom, where the maximum height of the oil column between the oil reservoir and the *boom tip* is greater than 11 m (36 ft), shall have a method to prevent and/or limit a partial vacuum formation within all such lines resulting in a reduction in dielectric strength that could produce an electrical breakdown. The maximum allowable partial vacuum formation in any line shall not result in an absolute pressure less than 80 % of the ambient atmospheric pressure within the insulating portion of the boom.

NOTE As an example, such a device could be a valve preventing gravity from drawing the fluid out of the line, and/or valves that open to atmosphere when the absolute pressure inside the lines normally containing fluid in an evacuated area is below 80 % of the ambient atmospheric pressure (See Annex F).

Suitable access to the vacuum protection components for testing and service shall be provided. The location of the vacuum protection components shall be identified in the instructions for use.

Manufacturers shall provide detailed information in the aerial device's instructions for use for performing periodic inspections and servicing of the vacuum protection system. The instructions shall provide values for hydraulic vacuum protection components.

5.11.2 Hydraulic pressure rise

A means shall be provided to limit pressure rise due to factors such as thermal expansion of hydraulic fluid and leakage that could result in stresses that exceed the yield strength of the material.

5.11.3 System protection

This subclause augments the requirements of of ISO 16368:2010, 4.10.2.

Where the operation of the aerial device is accomplished by hydraulic means, the system shall be equipped with appropriate devices to prevent in the event of hydraulic line failure motion of the *platform(s)* or material lifting device, or both.

This requirement does not apply to properly guarded metallic tubing installed between a holding device and the cylinder.

If lock valves are used they shall close automatically to prevent liquid leaving the cylinders. They shall be:

- integral with the cylinder, or
- directly and rigidly flange-mounted, or
- placed close to the cylinder and connected to it by means of rigid pipes (as short as possible), having welded or flanged connections and being calculated in the same way as the cylinder.

Pilot operated *control* valves shall be so designed and installed that they fail to safety (i.e. stop the corresponding movement) in the event of power failure.

Other types of fittings such as compression fittings or flared pipe fittings are not permitted between the cylinder and the lock valve.

Where the operation of the aerial device is accomplished electrically, the system shall be designed to prevent motion in the event of power loss.

5.11.4 Overriding safety devices

Procedures and equipment for overriding safety devices shall be designed to provide safety to personnel and minimize the possibility of an unsafe condition (see ISO 16368:2010, 4.11.6).

See E.8 for overriding situations.

5.11.5 Pressure limiting device

The requirements of ISO 16368:2010, 4.9.1 (Pressure limiting device), shall apply.

5.11.6 Bursting strength – hoses and fittings

All fittings and hoses in load-holding circuits shall have a minimum bursting strength of four times the operating pressure for which the system is designed. This requirement augments the requirement of ISO 16368:2010, 4.9.3.

Other hoses and fittings shall have a minimum bursting strength of three times the operating pressure for which the system is designed.

5.11.7 Fluid level indicators

The requirements of ISO 16368:2010, 4.9.8 (Fluid level indicators), shall apply.

5.11.8 Fluid cleanliness

The requirements of ISO 16368:2010, 4.9.9 (Fluid cleanliness), shall apply.

5.12 Requirements for the platforms

5.12.1 Platform security

Platforms shall be designed or secured to withstand vibration and shock loading during travel.

5.12.2 Platform levelling

For the purpose of this document, the requirements of ISO 16368:2010, 4.6.1 do not apply.

The *platform* shall be provided with a positive levelling system to prevent overturning.

NOTE The system can be mechanical (e.g. rods, cables and/or chains), hydraulic or others according to national or regional regulations.

5.12.3 Guardrail system

Platforms other than *baskets* shall include a *guardrail system*. The *guardrail system* shall comply with 4.6.3, 4.6.5 and 4.6.7 of ISO 16368:2010.

5.12.4 Baskets

5.12.4.1 General

Baskets shall be of a minimum height of 0,9 m. This recognizes national variations in physical stature of persons.

5.12.4.2 Non-insulating baskets designed for use with insulating liners

Baskets classified as non-insulating shall be constructed from non-conductive materials and clearly identified as non-insulating. They shall not have drain holes or access openings.

Insulating liners for these *baskets* shall be constructed from non-conductive materials and tested in accordance with 6.6.3.

The *liner* shall be supported by the inside bottom surface of the *basket*.

5.12.4.3 Non-insulating baskets designed for use without liners

The *basket* shall be identified as non-insulating and not for use with insulating liners.

Non-insulating *baskets* may be constructed from conductive or non-conductive materials. These non-insulating *baskets* may have drain holes and/or access openings.

5.12.4.4 Insulating baskets

Insulating *baskets* shall be constructed from non-conductive materials and shall have no drain holes or access openings. Insulating *baskets* shall be tested in accordance with 6.6.3.

5.12.5 Personnel safety attachments (and attachment for fall protection)

The requirements of ISO 16368:2010, 4.6.4 shall apply.

The *manufacturer* will clearly indicate which system(s) of fall protection has been designed for, i.e. fall arrest and/or fall restraint and the performance criteria for the particular system(s).

5.13 Marking

Each aerial device shall be marked with the following minimum permanent items of marking:

- *manufacturer's* name or trademark;
- type reference (*model*);
- serial number;
- year and month of manufacture;
- rated *platform* height of the MEWP;
- *rated voltage of the aerial device* in either "AC" or "DC" (or both if the aerial device has a dual voltage rating);
- *control system(s)* of high electrical resistance when identified as such by the *manufacturer*;

- all *controls* shall be clearly marked to identify their function;
- ambient temperature range for operation of the aerial device to maintain structural integrity (if required);
- marking specifying the number of *platforms* that the aerial device is rated and tested for;
- rated wind speed (not necessarily on the device except if special);
- rated *platform capacity* specified on a firm and level surface:
 - per *basket*,
 - total (*both baskets and jibs*);
- material handling capacity chart (where *jib* and winch are fitted) located to be visible by an *operator* standing in *basket* in which the *jib/winch controls* are installed;
- symbol IEC 60417-5216:2002-10 – Suitable for live working; double triangle (see Annex B);

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 61057:2017).

The marking shall be durable, clearly visible and legible to a person with normal or corrected vision without additional magnification. The marking shall be placed in a position remote from the strip indicating the positions of internal metal parts.

No marking shall adversely affect the performance of insulating parts.

5.14 Instructions for use

Each *insulating aerial device* covered by this document shall be supplied with the *manufacturer's* written instructions for use and care and shall include as a minimum:

- operating instructions which give details for safe use;
- characteristics of required hydraulic non-conductive or insulating fluid(s);

When the non-conductive or insulating hoses with fittings are to be used at low temperatures, user and manufacturer shall make sure that information on adequate non-conductive or insulating fluid(s) are included.

- instructions for cleaning, storage and transportation;
- instructions for periodic testing and possible repair;
- recommendations and procedure to *override* safety devices during testing, maintenance or repair.

5.15 Dimensions and mass

The *manufacturer* shall record the dimensions in Figure 1 and the *aerial device mass* and this information shall be available on request to the user.

6 Tests

6.1 General

This document provides testing provisions to demonstrate that the products comply with the requirements of Clause 5. These testing provisions are primarily intended to be used for type testing for validation of the design input. Where relevant, alternative means (calculation, examination, tests, etc.), are specified within the test subclauses for the purpose of products having completed the production phase.

Annex C gives the list of type tests and specifies the chronological order, when required.

Unless otherwise specified, for all tests, the tolerance on the lengths shall be ± 10 mm.

The fluid used for the tests shall meet the characteristics specified by the *manufacturer* in the instructions for use (see 5.14). The references of fluid used for the tests shall be recorded with the test results.

For final testing of completed aerial devices, mechanical tests shall be completed before the electrical tests.

6.2 Visual and dimensional check

A visual inspection shall be carried out to check for the compliance of the aerial device or its components to the relevant clauses and subclauses of this document.

Visual inspection shall be carried out by a person with normal or corrected vision without additional magnification, under normal lighting conditions.

A dimensional inspection shall be carried out to check for the compliance of the aerial devices or its components to the dimensions identified in Figure 1 and recorded in 5.15.

6.3 Design check and functional testing

A design check shall be carried out to verify the compliance of the aerial device or its components to the relevant clauses and subclauses of this document.

A functional testing shall be carried out to verify for the compliance of the aerial device or its components to the relevant clauses and subclauses of this document.

6.4 Durability of markings

The durability of the different markings shall be verified by thoroughly cleaning the marking for at least 1 min with a piece of lint-free cloth dampened with water and then rubbing it vigorously for a further minimum of 1 min with a piece of lint-free cloth dampened with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$).

The test shall be considered as passed if the marking remains legible and the letters do not smear.

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

Marking made by moulding or engraving need not be subjected to this test.

6.5 Dye penetration test of insulating foam-filled booms

Five test pieces, each 100 mm long, and cut from different foam filled boom (i.e. five different booms) shall be completely immersed in a container filled with aqueous dye solution. The dye shall be selected in accordance with occupational health and environmental requirements.

NOTE Comparative dye penetration tests have been carried out, using various dyes. These tests indicate that the choice of the dye does not affect significantly the characterization of booms. In practice however, eosine ($\text{C}_{20}\text{H}_6\text{Br}_4\text{Na}_2\text{O}_5$) proves to be particularly convenient. The concentration of the eosine is about 1 % to 2 % in distilled water.

The container with the immersed test pieces shall be placed in a vacuum chamber at a pressure of less than 6 500 Pa (about 50 Torr). After 1 h, the pressure shall be released and the test pieces shall be removed from the solution.

In order to avoid dye solution spreading from the test piece ends during cutting, the test pieces shall be dried for 24 h at a temperature about 35 °C before cutting them.

After drying, the test pieces shall be cut 10 mm from each end. The new test pieces thus obtained shall be split lengthways.

The test shall be considered as passed if there is no sign of solution dye penetration in either the foam, at the junction of the foam and the structure, or in the structure.

6.6 Electrical tests

6.6.1 General

Unless otherwise stated, the test voltage shall be an alternating voltage generally having a frequency in the range 45 Hz to 65 Hz, normally referred to as power-frequency test voltage.

Unless otherwise stated, tests shall be carried out using an AC power source at power frequency in accordance with the requirements given in IEC 60060-1.

Measuring systems shall comply with IEC 60060-2 unless otherwise specified.

6.6.2 Electrical tests for insulating booms, insulating fixed handling tools and optical fibre cables

6.6.2.1 General

These tests are carried out in order to verify the ability of the insulating booms, insulating *fixed handling tools* and optical fibre cables to withstand electrical stress

- before and after exposure to humidity or water soaking,
- after infliction of a gash (only applies to optical fibre cables installed outside the boom and crossing the insulation gap).

In order to accommodate different production processes, this document includes two test methods, hereinafter referred to as Method A and Method B. Conformance with either of these test methods is required to comply with this document.

A change in raw material (fibreglass, resin, curing agent, etc.) or a change in process that will affect the resin wet-out of the fibreglass shall be considered new designs.

NOTE Different cross sectional dimensions do not warrant a new type test unless the boom shows a significant difference in fibre/resin ratio (greater than 10 % by mass) or fibre wet-out (as determined through visual inspection or through a dye-penetration test).

6.6.2.2 Method A – AC dielectric tests on test pieces cut from an insulating boom

6.6.2.2.1 General test conditions

Before electrical testing, each test piece shall be prepared by cleaning with isopropanol (CH₃-CH(OH)-CH₃) or in accordance with the *manufacturer's* instructions for use and then dried in air for 15 min.

These tests shall be carried out on three test pieces, each 300 mm long, which are cut from the boom in such a way as to avoid the use of material within 100 mm of an end. The ends of these test pieces shall be covered with conductive adhesive tape before each electrical test. At the time of conditioning in a humid atmosphere, this conductive tape shall be removed.

Conditioning in a humid atmosphere is carried out in accordance with IEC 60212.

The test location shall be at the standard atmospheric conditions given in Table 1 of IEC 60212:2010, i.e. with a temperature range from 18 °C to 28 °C.

6.6.2.2.2 Measurements

The test arrangement is shown in Figures 6 to 9. The measuring equipment shall be at least 2 m from the high voltage (HV) electrode. The measuring leads, shunt and optional protective gap shall be shielded and earthed. The test piece shall be mounted approximately 1 m above the ground on an insulating support. The guard electrode, on the earth (ground) side, is directly connected to earth.

A voltage of 100 kV r.m.s. at power frequency shall be applied between the electrodes and the current passing through the test piece shall be measured. The voltage should be increased from zero at a rate of 5 kV/s.

The specified acceptable current values are given in r.m.s. values. The maximum current recorded during the test is called I .

The phase difference between current and voltage shall be measured as follows:

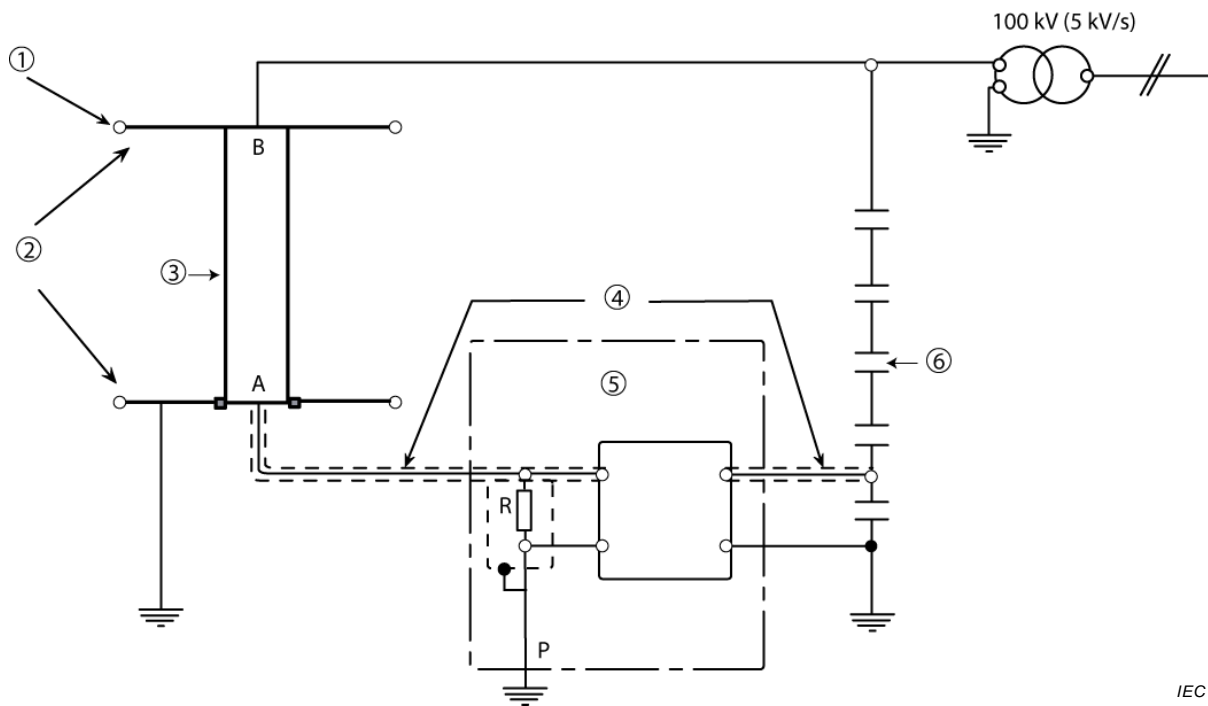
- current (earth end) by passing it through a known impedance (lower than 10 000 Ω);
- voltage (line end) by means of an appropriate divider.

The minimum phase angle recorded during the test is called φ .

During the tests there shall be no sign of flashover or puncture of any of the test pieces.

Before installing the test piece in the test set-up, first blank reference measurements with no test piece present shall be taken and the current and phase angle values shall be recorded.

NOTE This blank test will help verify the quality of the test set-up. The limits to be specified for the current and phase angle values are under consideration and will be included at the next maintenance cycle of the publication.



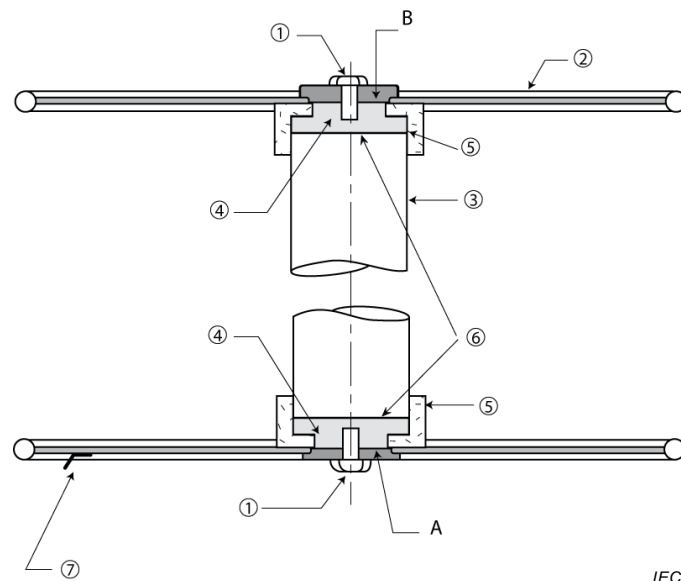
IEC

Key

- | | | | |
|------|--|---|-----------------------------------|
| 1 | continuous welded tube | 4 | screened leads |
| 2 | guard electrodes | 5 | measuring equipment |
| 3 | test piece | 6 | capacitive (or resistive) divider |
| R | resistance between points A and P $\leq 10\,000\ \Omega$ | P | connection to ground |
| A, B | electrode caps (See Figure 7) | | |

NOTE The measurement zone is situated at least 2 m away from any HV source

Figure 6 – AC dielectric test before and after exposure to humidity (method A) – Typical test arrangement



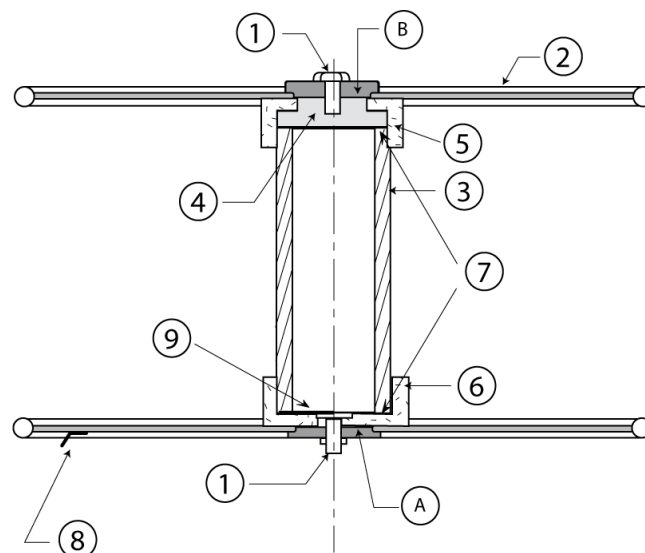
IEC

Key

- | | | | |
|---|---|---|---|
| A | insulating material electrode cap | B | brass electrode cap |
| 1 | socket for \varnothing 4 mm banana plug | 5 | insulating support |
| 2 | guard electrode | 6 | contact maintained by conductive adhesive tape |
| 3 | test piece of 300 mm length | 7 | socket for \varnothing 4 mm banana plug soldered on guard electrode |
| 4 | brass electrode | | |

NOTE Banana plugs can be replaced by other suitable electrical connectors.

Figure 7a – Dielectric tests of test piece of foam-filled boom or optical fibre cable

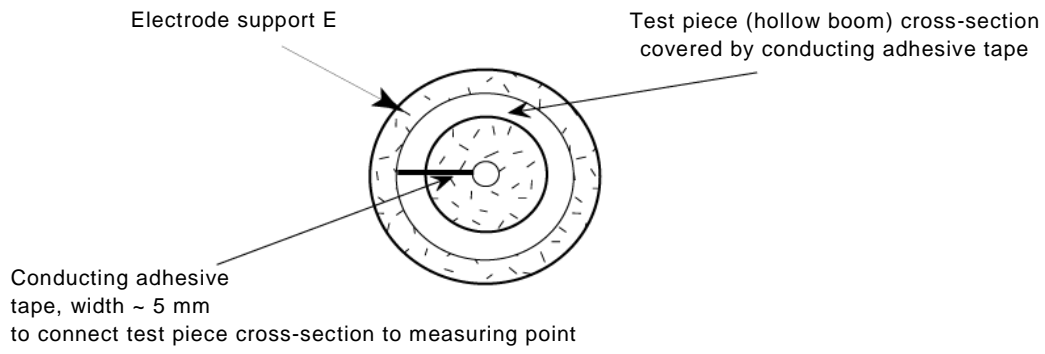


IEC

Key

- | | | | |
|---|---|---|---|
| A | insulating material electrode cap | B | brass electrode cap |
| 1 | socket for \varnothing 4 mm banana plug | 6 | insulating support E (see Figure 9c) |
| 2 | guard electrode | 7 | contact with boom section maintained by conducting adhesive tape |
| 3 | test piece of 300 mm length | 8 | socket for \varnothing 4 mm banana plug soldered on guard electrode |
| 4 | brass electrode | 9 | conducting adhesive tape ~ 5 mm width |
| 5 | insulating support D (see Figure 9b) | | |

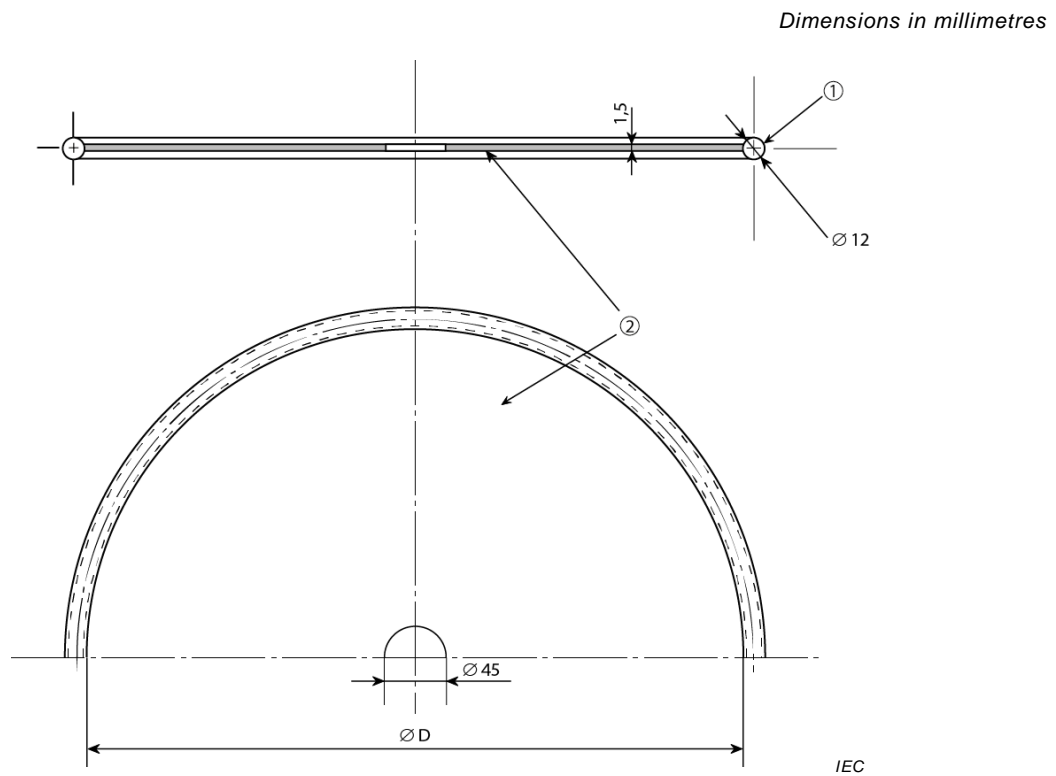
Figure 7b – Dielectric tests of test piece of hollow boom



IEC

Figure 7c – Disposition of the conductive adhesive tape for leakage current measurement

Figure 7 – AC dielectric tests before and after exposure to humidity (method A) – Assembly diagram of the test piece to the guard electrodes



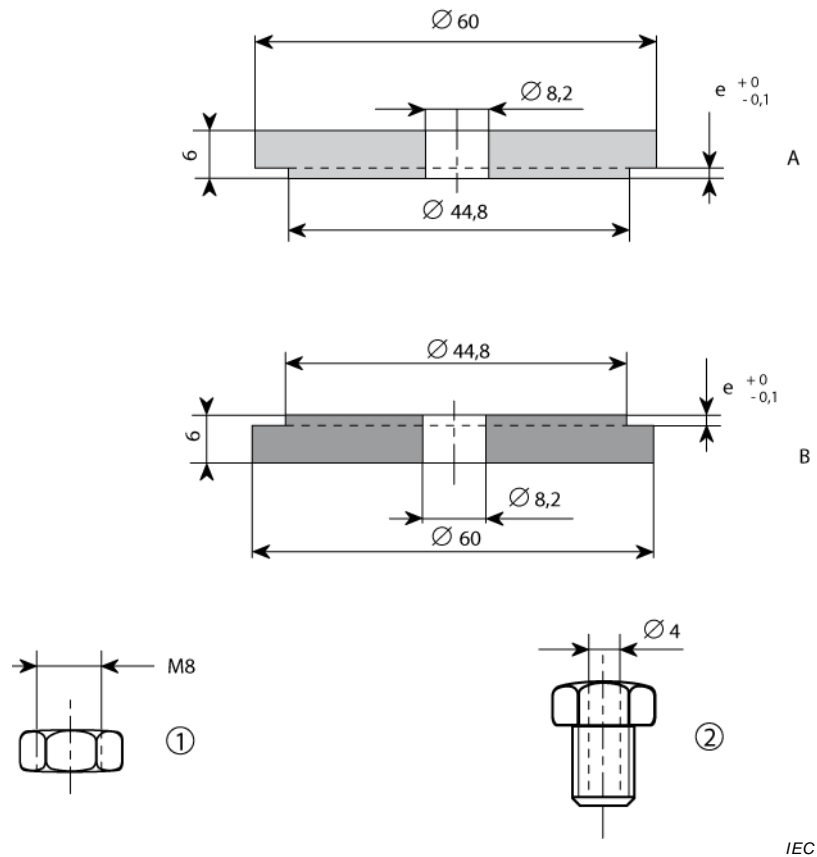
IEC

Key

- 1 \varnothing 12 mm copper tube soldered onto brass plate
- 2 brass thickness 1,5 mm
- $\varnothing D$ > 2,5 times the diameter of the test piece

Figure 7a – Constructional drawing for guard electrodes (two required)

Dimensions in millimetres

**Key**

- A insulating material electrode cap
- B brass electrode cap
- 1 two M8 brass nuts for rods
- 2 two M8 × 10 brass screws with $\varnothing 4$ mm holes for tubes

Figure 8b – Constructional drawings for parts A and B**Figure 8 – AC dielectric tests before and after exposure to humidity (method A) – Constructional drawings for guard electrodes and parts**

Dimensions in millimetres

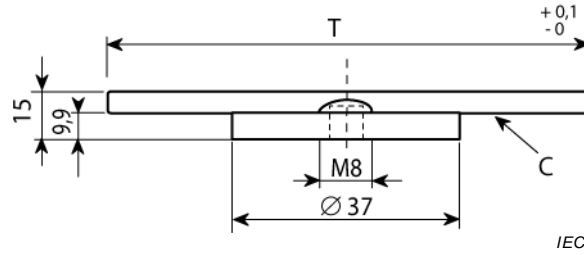


Figure 9a – Constructional drawing for brass electrode C

Dimensions in millimetres

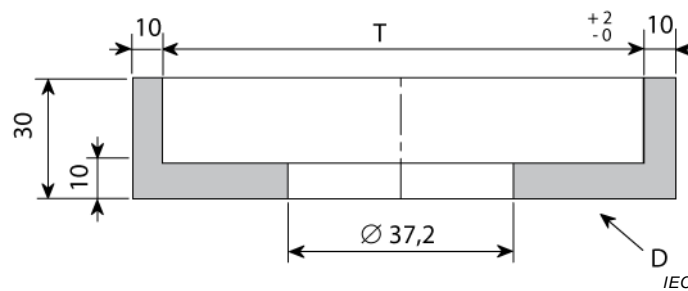


Figure 9b – Constructional drawing for insulating support D

Dimensions in millimetres

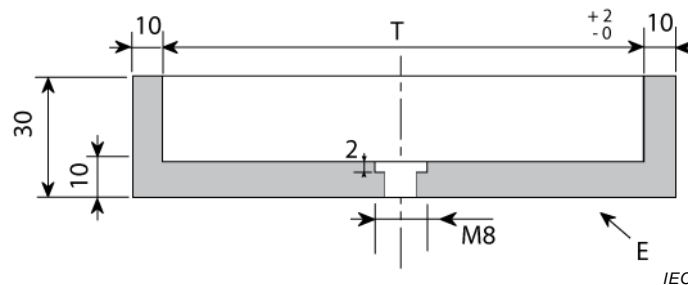


Figure 9c – Constructional drawing for insulating support E

Key

- C brass electrode
- D insulating support
- E insulating support
- T external dimension of test piece

Figure 9 – AC dielectric tests before and after exposure to humidity (method A) – Constructional drawings for brass electrode and for insulating support parts according to test piece

6.6.2.2.3 Tests before and after exposure to humidity

6.6.2.2.3.1 Test before exposure to humidity

After at least 24 h in the ambient atmosphere of the test area, the current I_1 is measured at an AC voltage of 100 kV r.m.s. at power frequency applied between the electrodes for 1 min.

The maximum AC current and the phase angle φ_1 between current and voltage shall be recorded.

6.6.2.2.3.2 Test after exposure to humidity

The test pieces shall be placed in a chamber and subjected to the following conditioning: 168 h/23 °C ± 2 °C/93 ± 5 %, as specified in Table 1 of IEC 60212:2010.

At the end of this 168 h period, the test pieces shall remain in an atmosphere of 93 % relative humidity and shall be tested upon return to room temperature in the test area.

After the test pieces have been lightly wiped with a dry lint free cloth, the AC current I_2 and phase angle φ_2 are measured under the same conditions as the AC current I_1 and φ_1 .

The test piece shall be located in the same position in relation to earth; the high-potential end of the test piece shall be the same for both tests.

6.6.2.2.3.3 Test results

The current I_1 measured shall not exceed 5 nA/mm². The phase angle φ_1 shall be higher than 80°.

After exposure to humidity, the current I_2 shall be lower than twice I_1 and the phase angle φ_2 higher than 50°.

6.6.2.2.4 Dielectric wet test

6.6.2.2.4.1 General test conditions

Before the test, each test piece shall be prepared by cleaning with isopropanol (CH₃-CH(OH)-CH₃) and then dried in air at room temperature for a period of not less than 15 min.

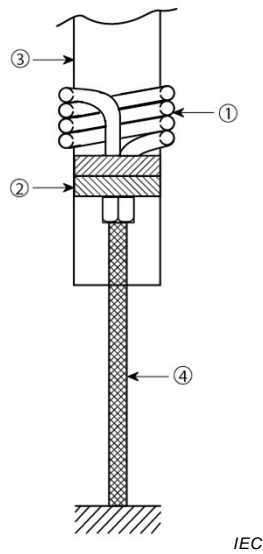
These tests are carried out on three test pieces, each 1,2 m long, which are cut from insulating booms and optical fibre cables; they shall not use material within 100 mm of the ends.

The electrodes shall be made of an aluminium or copper soft wire 3 mm to 4 mm in diameter, encircling the test piece with three or four turns, as shown in Figure 10.

The surface of the electrode should not be oxidized, and if a treatment against the oxidization is applied, it should not modify the characteristics of the water streaming on the test piece.

The test location shall be at the standard ambient conditions of IEC 60212, with a temperature range of 23 °C ± 5 °C.

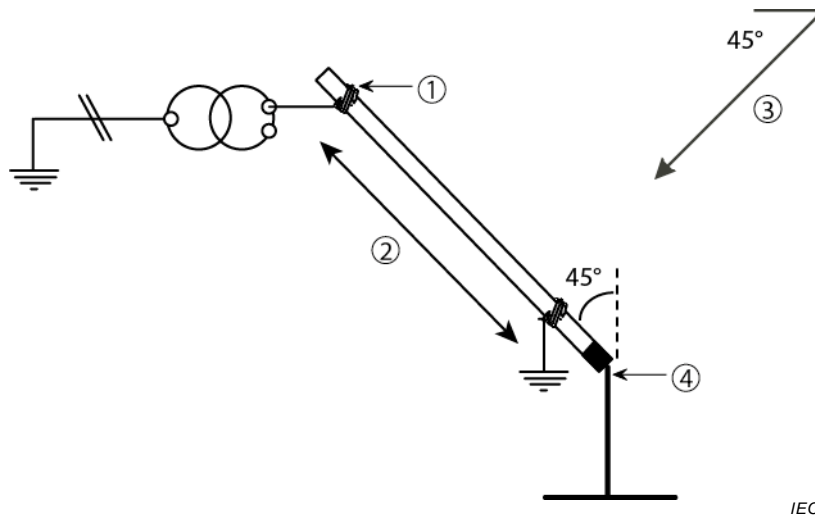
The test assembly shall comply with Figure 11.



Key

- 1 3 or 4 turns of aluminium or copper soft wire 3 mm to 4 mm in diameter
- 2 electrode fixed by adhesive tape
- 3 test piece
- 4 earthing lead

Figure 10 – Details of electrode arrangement



Key

- 1 high voltage electrode
- 2 electrode spacing, 1 m
- 3 rain direction
- 4 1 m minimum height fixing support

Figure 11 – Test arrangement

The test piece shall be inclined at an angle of 45° to the vertical. A voltage of 80 kV r.m.s. at power frequency shall be applied between the electrodes, in accordance with IEC 60060-1, for 1 h.

6.6.2.2.4.2 Wet conditions

The wet test shall be carried out in accordance with the standard wet test procedure described in IEC 60060-1 and corresponding to the following:

- average precipitation rate: 1,0 mm/min to 1,5 mm/min;
- water resistivity: $100 \Omega \cdot m \pm 15 \Omega \cdot m$.

However, contrary to the requirements of IEC 60060-1, the test piece shall not be pre-wetted before voltage application; spray and voltage shall be applied simultaneously for 1 h.

6.6.2.2.4.3 Test results

The test shall be considered as passed if there is:

- no *disruptive discharge*, i.e. flashover, sparkover or puncture;
- no tracking or erosion on the surface observed without a magnifying glass.

6.6.2.3 Method B – DC dielectric tests on test pieces cut from an insulating hollow boom

6.6.2.3.1 General test conditions

Before electrical testing, each test piece shall be prepared by cleaning with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) or in accordance with the *manufacturer's* instructions for use and then dried in air for 15 min.

These tests shall be carried out on three test pieces, each a maximum length of 900 mm, which are cut from the boom. The test arrangement is shown in Figure 12. The electrodes shall be installed on the inner and outer surface of the test specimen with a horizontal separation distance D of $300 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$.

Electrodes shall be installed during the test only and not during conditioning.

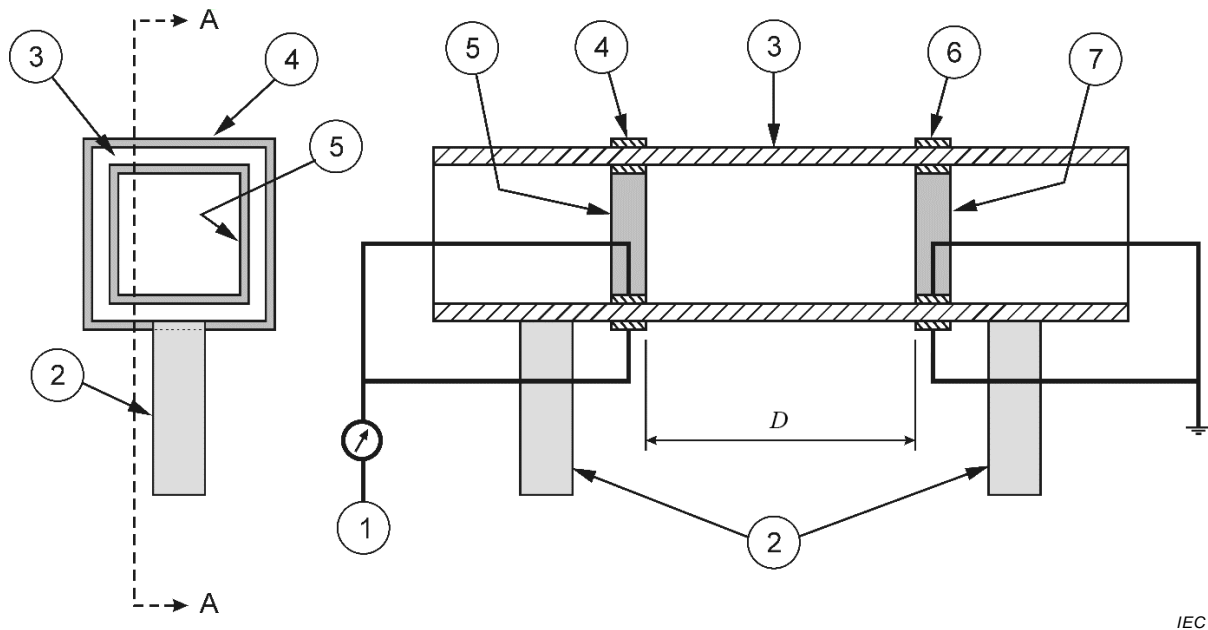
The test location shall be at the standard atmospheric conditions given in Table 1 of IEC 60212:2010, i.e. with a temperature range from 18 °C to 28 °C.

6.6.2.3.2 Measurements

A DC voltage of 100 kV shall be applied between the electrodes and the current passing through the test piece shall be measured. The maximum voltage rise shall be 3 kV/s.

The maximum direct current recorded during the test is called I .

Before installing the test piece in the test set-up, first blank reference measurements with no test piece present shall be taken.



Key

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1 to DC voltage | 5 inner positive pole electrode |
| 2 insulating support | 6 outer negative pole electrode |
| 3 test piece of 900 mm length | 7 inner negative pole electrode |
| 4 outer positive pole electrode | <i>D</i> electrode separation distance |

Figure 12 – DC dielectric test before and after water soaking (method B) – Typical test arrangement

6.6.2.3.3 Test under dry and water soak conditions

6.6.2.3.3.1 Test under dry conditions

After at least 24 h in the ambient atmosphere of the test area, the current I_1 is measured at a DC voltage of 100 kV applied between the electrodes for 1 min.

The maximum DC current shall be recorded.

6.6.2.3.3.2 Test after water soaking

The test pieces shall be submersed in a tank filled with tap water for minimum period of 24 h.

After the test pieces have been lightly wiped with a dry lint free cloth and within 5 min of the end of soaking, the DC current I_2 shall be measured under the same conditions as the DC current I_1 .

The test piece shall be located in the same position in relation to earth; the high-potential end of the test piece shall be the same for both tests.

6.6.2.3.3.3 Test results

Under dry conditions and after water soaking, the DC current measured shall not exceed 100µA.

6.6.2.4 Electrical tests for other components crossing the insulating section

6.6.2.4.1 General

Other components which cross the insulating section such as optical cables shall be subject to the test in 6.6.2.4.2 below or an alternative electrical test such as a DC test as specified in method B for hollow booms.

Insulating hoses are covered by other standards (see 5.7.3)

6.6.2.4.2 Tests before and after exposure to humidity

6.6.2.4.2.1 General test conditions and test before and after exposure to humidity

These general test conditions are the same as defined in method A, in which the word “insulating boom” will be replaced by the name of the specific component submitted to test (fibre optic cable, levelling rod, pneumatic line, etc.).

6.6.2.4.2.2 Test results

The current I_1 measured shall not exceed 10 μA . The phase angle φ_1 shall be greater than 80° . After exposure to humidity, the current I_2 shall be lower than twice I_1 .

If I_2 is greater than twice I_1 but lower than $I_1 + 40 \mu\text{A}$, the test piece also passes if the phase angle between voltage and current φ_2 is greater than 40° .

In no case shall I_2 be greater than $I_1 + 40 \mu\text{A}$.

No puncture or flashover shall occur.

6.6.2.4.3 Test after the infliction of a gash

6.6.2.4.3.1 General

It only applies to optical fibre cables installed outside the boom and crossing the insulation gap.

This test shall be carried out on three test pieces.

NOTE A gash of the external surface only may affect its electrical withstand. If the gash were more severe, the optical fibre would not function properly.

6.6.2.4.3.2 Preparation of the test pieces

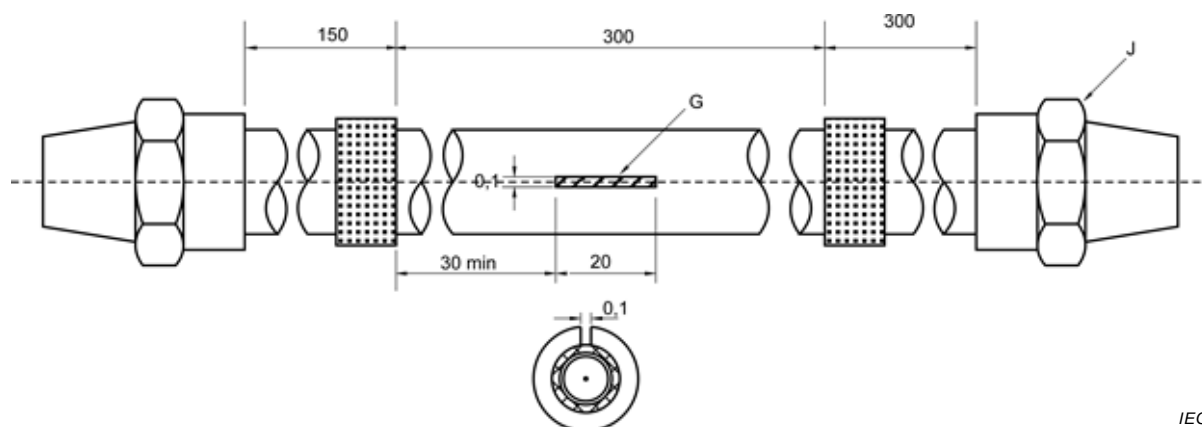
A gash shall be inflicted on the surface of the test piece. It consists in cutting the surface until reaching the fibre itself. The dimensions of the gash shall be:

length: (20 ± 2) mm

width: $(0,1 + 0,1)$ mm

The gash shall be inflicted at a minimum distance of 30 mm from the ends of the optical fibre cable test piece (see Figure 13).

Dimensions in millimetres



Key

- J joint
- G gash

Figure 13 – Preparation of optical fibre cable test piece for test after the infliction of a gash

6.6.2.4.3.3 Test procedure

The test pieces shall be immersed during 24 h under 20 cm of water (conditioning according to IEC 60212: 24 h/23 °C/water). The water resistivity shall be $100 \Omega \cdot m \pm 15 \Omega \cdot m$. The test pieces shall be kept horizontal.

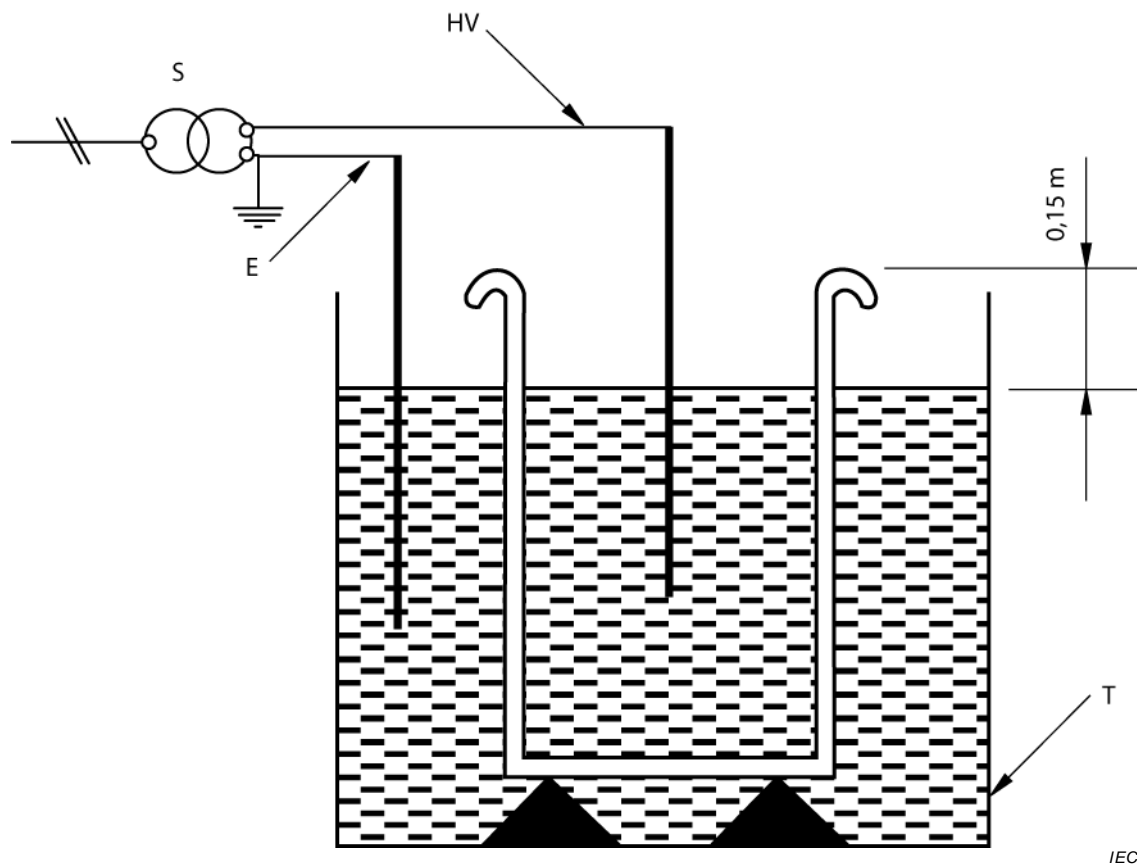
Within 10 min after taking the test pieces out of water, the test specified in 6.6.2.4.2 shall be repeated, but without exposure to humidity.

6.6.2.4.3.4 Test results

The test shall be considered as passed if no puncture, sparkover or flashover occurs. Current is not measured.

6.6.3 Test of insulating baskets or liners

The insulating *basket* or *liner* shall be filled with tap water to 0,15 m from the top. The *basket* or *liner* shall be immersed in a tank of tap water and the water level shall be the same inside and outside the tested insulating *basket* or *liner* (see Figure 13).

**Key**

- S voltage source 50 kV r.m.s.
- HV high voltage electrode
- E earth electrode
- T tank

Figure 14 – Test of insulating basket or liner

The water inside the *basket* or *liner* that forms one electrode shall be connected to one terminal of the high voltage source by means of a metal contact (e.g. chain, rod) that dips into the water. The water in the tank outside the *basket* or *liner* that forms the other electrode shall be connected directly to the other terminal of the voltage source.

A voltage of 50 kV r.m.s. shall be applied for $1 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$. The test shall be considered as passed if no flashover or puncture occurs.

6.6.4 Dielectric test of the insulating fixed handling tools

The following test shall be conducted on insulating handling tools that are fixed to the aerial device such as an insulating *jib* or phase lifter.

The fixed insulating tool shall be tested in its working configuration as defined by the *manufacturer*.

All conductive material at the working end of the insulating tool section shall be electrically bonded during the test.

All conductive material at the *boom tip* end of the insulating tool section shall be electrically bonded during the test.

If continuity across joints is in doubt, shunting is required.

All hydraulic lines crossing the insulating section of the *fixed handling tool* shall be completely filled with oil during the test.

The high voltage lead shall be connected to the bonded metal at the working end of the tool. The *boom tip* end of the fixed insulating tool shall be connected through a shielded cable to a current meter and then connected to ground.

The tool shall be tested at 1.5 times the rated voltage for the tool.

Maximum leakage current not to exceed 10 $\mu\text{A}/\text{kV}$ r.m.s or 1 $\mu\text{A}/\text{kV}$ DC.

NOTE The extension length to be used during the test is not necessarily the length in use conditions.

6.7 Dielectric tests of the insulating systems of the complete aerial devices

6.7.1 General

These tests shall be performed on the aerial device mounted on its final *chassis* or a test stand. Except for 6.7.3.1.3, the test voltage levels employed depend upon the *rated voltage of the aerial device*.

Aerial devices rated for use on AC installations shall be tested under AC conditions according to Table 1.

Aerial devices rated for use on DC installations shall be tested under DC conditions according to Table 2.

Aerial devices rated for use on AC and DC installations shall be tested according to Table 1 and Table 2.

6.7.2 Aerial devices with lower test electrode system

6.7.2.1 Preliminary procedures

Conductive components at the *platform* end of the insulating boom shall be electrically bonded as per *manufacturer's* instructions during the test.

Conductive components may include *basket* mounted hardware, all *controls*, *control* valves, tool connections, engine kill switch and *gradient control device*, etc. It may require removing covers to access the conductive components.

Aerial devices which have a nonconductive *platform* and which are intended to be used with a conductive *liner* shall have the conductive *liner* installed and bonded prior to test as shown in Figure 4.

The *lower test electrode system* shall be inspected for completeness and tested for continuity to confirm that it is intact and does not bypass the leakage current measuring path. Problems found shall be corrected before continuing the test.

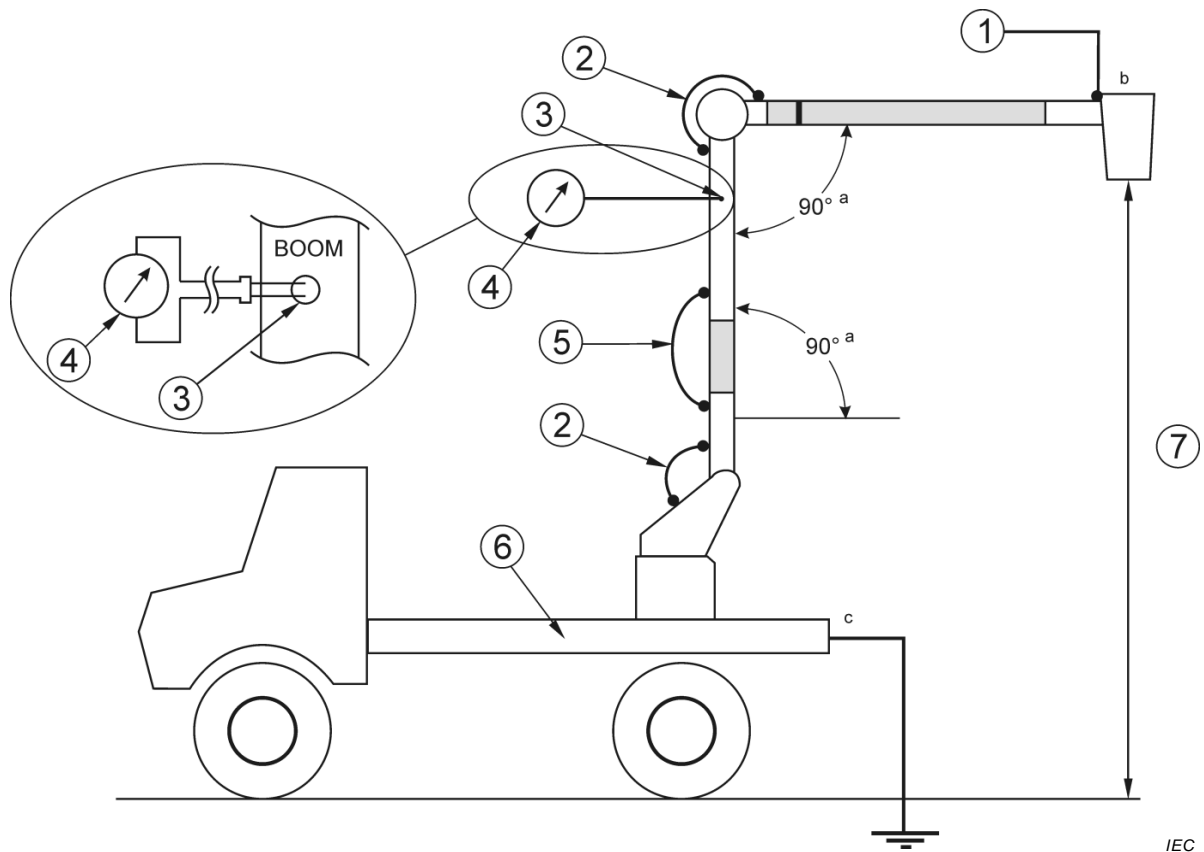
All hoses crossing the insulating section shall be completely filled with the prescribed insulating or non-conductive fluid during the test.

Continuity around *elbow* shall be assured. If continuity across the *elbow* is in doubt, shunting is required. *Chassis insulating systems*, if equipped, shall be shunted as shown in Figure 5.

The vehicle *chassis* or test stand shall be earthed.

The current meter receptacle shall be connected through a shielded cable to a current meter as shown in Figure 15.

Booms shall be positioned as shown in Figure 15.



Key

- | | | | |
|---|---------------------------|---|--|
| 1 | voltage source (AC or DC) | 5 | insulating insert shunt |
| 2 | bonding jumper | 6 | chassis or test stand |
| 3 | meter receptacle | 7 | <i>platform</i> height recorded for consistency or duplication of test results |
| 4 | current meter | | |

^a These boom positions are for outdoor testing. Other positions are acceptable such as for indoor testing for example. The positions used for the tests should be documented and should accompany test documents for repeatability.

^b Conductive material at the *platform* end of the insulating boom shall be electrically bonded as per *manufacturer's* instructions during the test.

^c Test stand or *chassis* is to be earthed.

Figure 15 – Test of the upper insulating system of devices with lower test electrode system

6.7.2.2 Dielectric tests of the upper insulating system

For aerial devices rated for AC work the tests shall consist of *rated voltage of the aerial device*, double-rated voltage and either 2 s withstand or switching impulse voltage as specified in Table 1.

In the case of an *extensible boom aerial device* the insulating section shall be exposed a minimum length as required by the *manufacturer*. This minimum length shall be recorded.

The voltages for both the rated voltage test and the double rated voltage test shall be maintained for 1 min and the leakage current measured. Test voltages and allowable currents are listed in Table 1. Corona generated at the test voltages shall not impinge on the insulating section of the boom.

In the case of the 2 s withstand test, the voltage shall be increased rapidly until the double rated voltage is reached and then continue with a rate of rise of about 2 % of the test voltage per second. After the 2 s withstand, the test voltage shall be decreased rapidly. There shall be no sparkover, flashover or puncture during the 2 s withstand or switching surge impulse voltage test.

The switching surge withstand voltage test voltage shall be the peak value of the 2 s withstand test voltage. The switching surge withstand voltage test shall consist of 10 consecutive applications of both positive and negative polarity switching impulse test waves having a front of 150 µs to 350 µs and a tail of 2 500 µs to 4 000 µs without a flashover or sparkover during the test.

The leakage current during the rated and double rated voltage tests shall maintain a steady value over the period of the test.

Table 1 – Values for AC dielectric tests of the upper insulating system of devices with lower test electrode system

Rated voltage of the device (phase to phase) U_r	One minute test at phase to earth value of the rated voltage		One minute test at double phase to earth value of the rated voltage		2 s AC withstand test	Switching surge withstand voltage test 10 positive surges and 10 negative surges
	Test voltage U_t kV r.m.s.	Maximum r.m.s. allowable current	Test voltage $2U_t$ kV r.m.s.	Maximum r.m.s. allowable current	Test voltage kV r.m.s. (see note 3)	Test voltage kV peak
$U_r \leq 345$	$U_t \leq 200$	1 µA/kV	$2 U_t \leq 400$	1 µA/kV	$3 U_t$	$3 U_t$ r.m.s. $\sqrt{2}$
$U_r > 345$	$U_t > 200$	1 µA/kV	$2 U_t > 400$	1 µA/kV	$2,5 U_t$ but not less than 600	$2,5 U_t$ r.m.s. $\sqrt{2}$ but not less than 850

NOTE 1 The test voltage U_t corresponds to the phase to earth value of the rated voltage of the system on which live working is carried out: $U_t = U_r / \sqrt{3}$.

NOTE 2 The test at U_t is performed to give a reference value for the routine test.

NOTE 3 Table 1 lists typical maximum anticipated overvoltage values for both the 2 s AC and switching surge withstand voltage tests. It is up to the user to verify that they are compatible with those that may occur in his networks.

The double rated test voltages ($2U_t$) and withstand voltages can be adjusted to meet the actual design requirements of a given system(s) on which the aerial device will be used. In this case the double-voltage test would be replaced by a test equal to the maximum system (U_{max}) plus the maximum system voltage rise on a system(s) where the switching surge factor is equal to or less than 2,0 per unit. The switching surge withstand voltage test is to be based on the maximum switching surge value of the system.

EXAMPLE The double-voltage test for a typical operating voltage of 765 kV (maximum of 800 kV) having a maximum switching surge factor of 1,9 per unit can be replaced with a maximum nominal test equal to the maximum system voltage rise.

The maximum percentage system voltage rise can be as high as 30 % depending on system conditions. For a 30 % system voltage rise, this test would equal $U_{max} + 30 \% (U_{max})$ i.e. $800 \text{ kV} + 30 \% (800) = 1\,040 \text{ kV}$ phase to phase r.m.s. or 600 kV phase to earth r.m.s. which is 1,3 times the rated voltage.

The 2 s AC withstand test voltage (r.m.s.) for the same system parameters is equal to $1,9 \times U_{\max}$, 1,9 times the nominal voltage = 878 kV (r.m.s.) or 878 kV phase to earth (r.m.s.).

The switching surge withstand voltage test for the same system parameters equals $1,9 \times 462 \times \sqrt{2} = 1\,240$ phase to earth (crest).

NOTE 4 The customer may wish to have tests performed with higher switching surge values. This would be part of acceptance tests. The nameplate and other type test documents can specify these values.

For aerial devices rated for DC live line work, the tests shall consist of a three-minute rated voltage test of the aerial device, and a one-minute double rated voltage test, and a switching surge withstand voltage test as specified in Table 2.

For aerial devices that are operated on systems with dual polarity, the rated and double rated voltage tests shall be performed at both positive and negative polarity.

The leakage current during the rated and double rated voltage tests shall maintain a steady value over the period of the test.

Table 2 – Values for DC dielectric tests of the upper insulating system of devices with lower test electrode system

Rated voltage of the device (positive pole to negative pole) U_r kV	Rated voltage test		Double rated voltage test		Switching surge withstand voltage test – 10 positive surges and 10 negative surges
	Three-minute test voltage kV	Maximum allowable current μA	One-minute test voltage kV	Maximum allowable current μA	Test voltage kV peak
U	U	$0,5 U$	$2,0 U$	$1,0 U$	$2,65 U$ (see note 5)

Wherever possible, the switching surge withstand voltage test voltage should be as specified by the user. It is recommended that the switching surge withstand test voltage be the same as is specified for electrical apparatus at the terminations of the line.

EXAMPLE For a rated voltage of 500 kV DC, one user specifies a switching surge withstand voltage of 1 300 kV for electrical apparatus. The switching surge withstand voltage test consists of ten applications of both positive and negative polarity switching surge test waves with a crest voltage of 1 300 kV, and having a front of 150 μs to 350 μs and a tail of 1 000 μs to 4 000 μs , without flashover. Where the actual system parameters are not known, the switching surge withstand voltage test consists of ten applications of both positive and negative polarity switching surge test waves with a crest voltage of $2,65U$, and having a front of 150 μs to 350 μs and a tail of 1 000 μs to 4 000 μs without flashover or sparkover.

NOTE 5 For aerial devices with a rated voltage less than 200 kV DC, a two second withstand test at $2,65 U$ kV DC is an optional alternative to the switching surge withstand voltage test.

6.7.3 Aerial devices without lower test electrode system

6.7.3.1 Preliminary procedures

6.7.3.1.1 General

Conductive components at the *platform* end of the insulating boom shall be electrically bonded as per *manufacturer's* instructions during the test.

Conductive components may include bucket mounted hardware, all *controls*, *control* valves, tool connections, engine kill switch and *gradient control device*, etc. It may require removing covers to access the conductive components.

All hoses forming part of the upper insulating system shall be completely filled with insulating liquid during the test.

Continuity around *elbow* shall be assured. If continuity across the *elbow* is in doubt, shunting is required. *Chassis insulating systems*, if equipped, shall be shunted as shown in Figure 6.

The booms shall be positioned and the aerial device tested as shown in Figure 16a or, in the case of *extendible boom aerial devices*, Figure 16b.

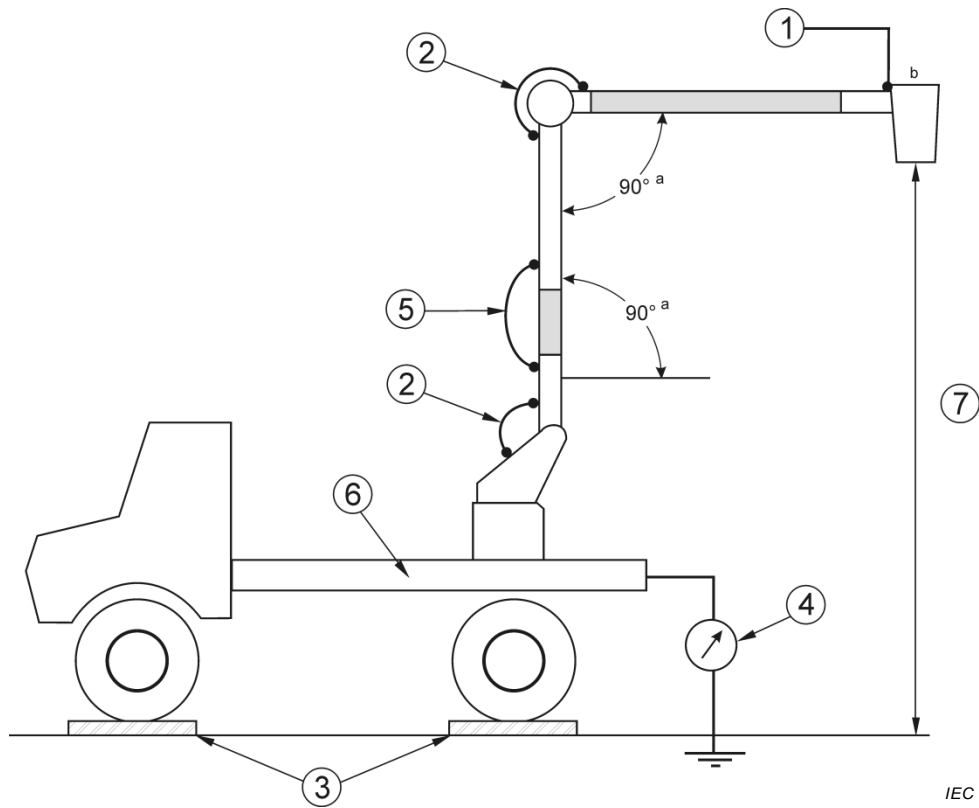
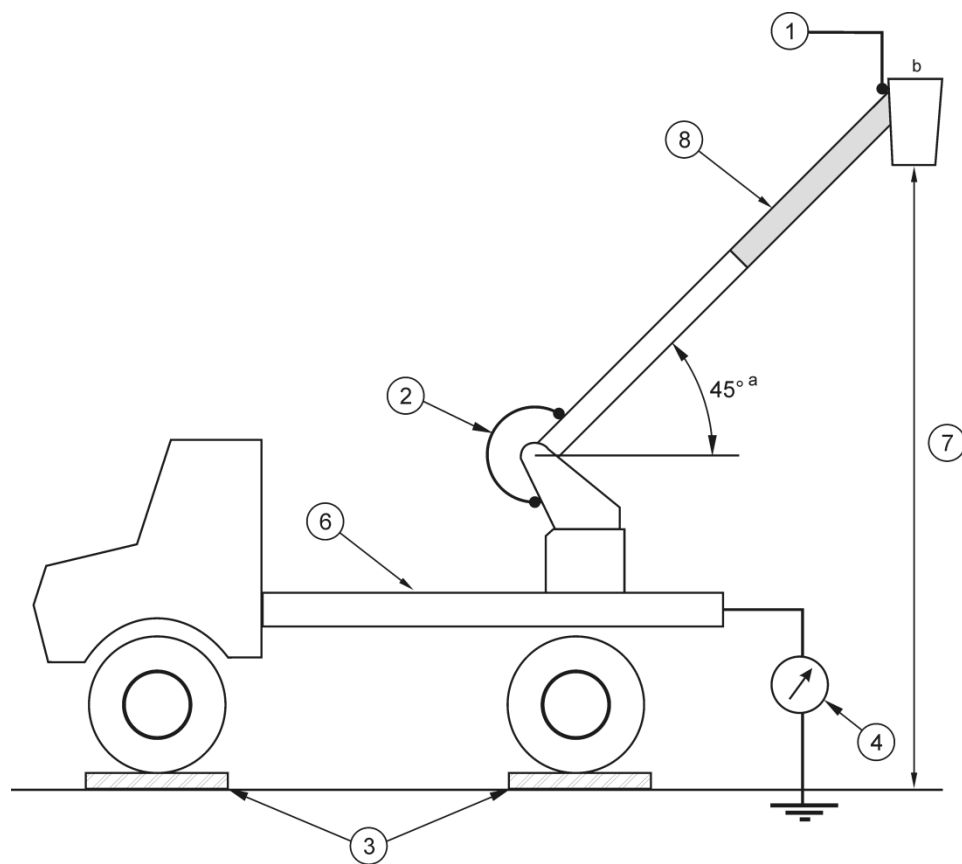


Figure 16a – Non-extendible boom type aerial devices



IEC

Figure 16b – Extensible boom type aerial devices

Key

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | voltage source (AC or DC) | 5 | insulating insert shunt |
| 2 | bonding jumper | 6 | chassis or test stand |
| 3 | wheels and <i>outriggers</i> on insulating material | 7 | <i>platform</i> height recorded for consistency or duplication of test results |
| 4 | current meter | 8 | insulating section extended to minimum extension required by the manufacturer |

^a These boom positions are for outdoor testing. Other positions are acceptable such as for indoor testing for example. Boom angles are more critical for aerial devices without *lower test electrode system* because of capacitive currents. For repeatability, record the positions used for tests in the test documentation.

^b All metal at the *platform* end of the insulating boom shall be electrically bonded during the test.

Figure 16 – Test of the upper insulating system of devices without permanently installed lower test electrode system

In the case of *extensible boom aerial devices* (see 3.20), the insulating section shall be exposed a minimum length as required by the *manufacturer*. This minimum length shall be recorded.

The *chassis* or test stand shall be connected through a shielded cable to a current meter and then connected to earth.

6.7.3.1.2 Dielectric tests of the upper insulating system

Voltage shall be applied in accordance with Table 3.

There shall be no sparkover, flashover or puncture during the test. Test voltages and allowable currents are listed in Table 3.

Table 3 – Dielectric test for aerial devices without lower test electrode system

Rated voltage of the device (phase to phase) U_r kV r.m.s.	Power frequency test voltage kV r.m.s.	Maximum allowable current r.m.s.	Time of test min
≤ 46	100	1 mA	3
≤ 22	50	500 μA	3

6.7.3.1.3 Dielectric test of a lower boom with an insulating insert or of other type of chassis insulating system

The test set-up shall be as illustrated in Figure 17.

The *chassis* or the test stand shall be supported on insulating material.

A current meter shall be connected between the vehicle *chassis* or test stand and earth. All cables shall be shielded.

Lower boom insert or chassis insulating system shunts shall be removed.

All hoses forming part of the insulating system shall be completely filled with insulating liquid during the test.

An AC test voltage of 50 kV r.m.s. shall be applied to the upper end of the insulating insert or the other type of *chassis insulating system* for 3 min.

The test shall be considered as passed if the current does not exceed 3 mA and there is no flashover, sparkover or puncture.

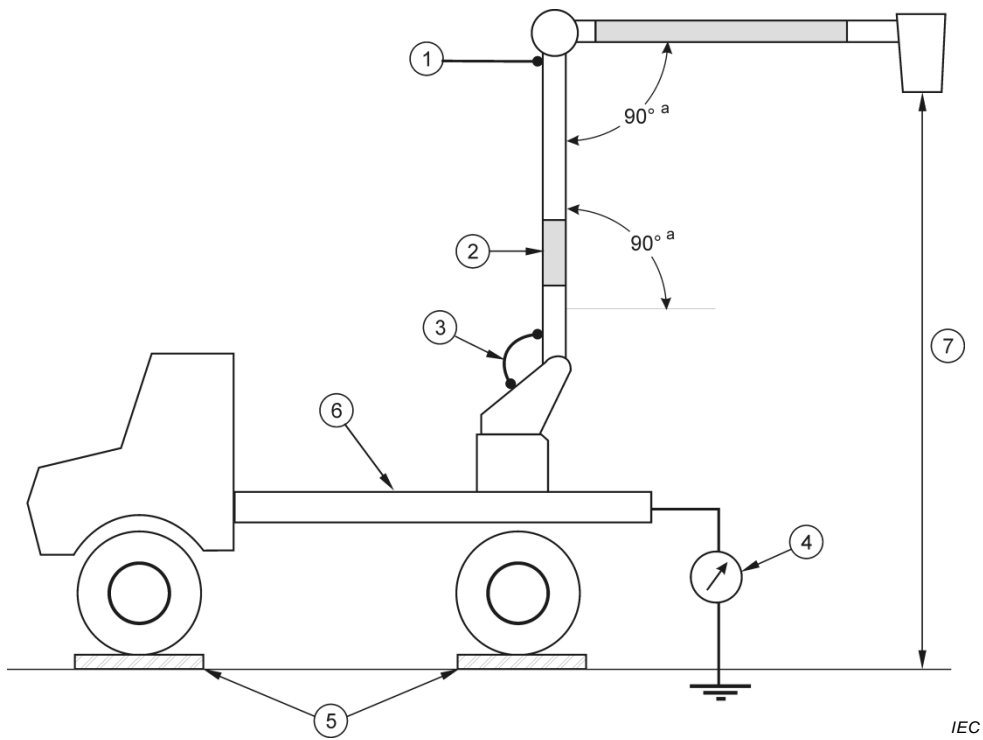


Figure 17a – Chassis insulating system in lower boom

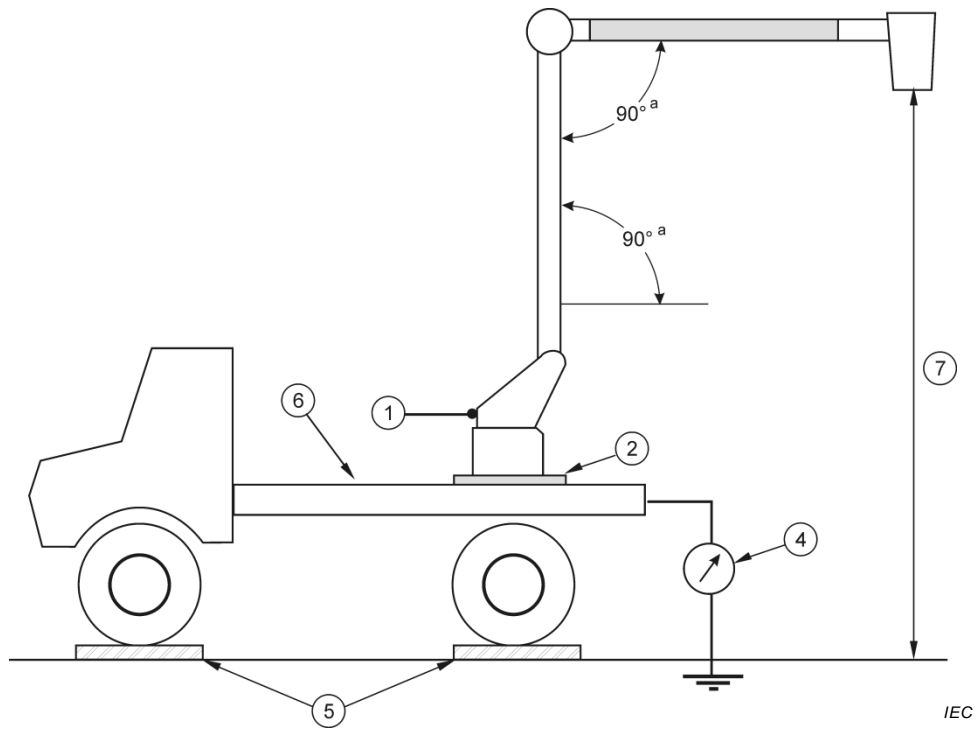


Figure 17b – Chassis insulating system between chassis and turntable

Key

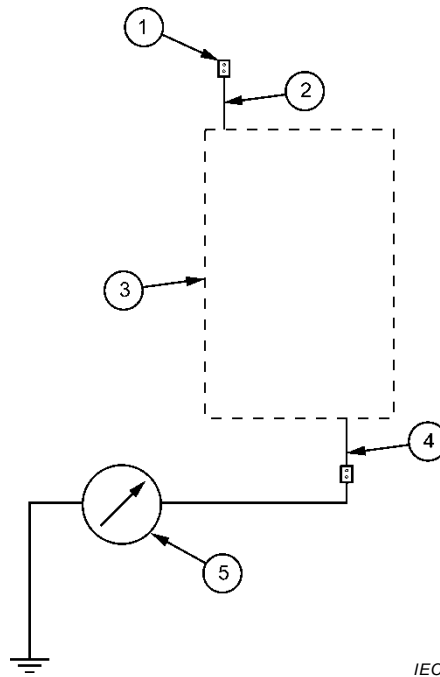
- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 AC voltage source | 5 wheels and <i>outriggers</i> on insulating material |
| 2 chassis insulating system | 6 chassis or test stand |
| 3 bonding jumper | 7 <i>platform</i> height recorded for consistency or duplication of test results |
| 4 current meter | |

^a These boom positions are for outdoor testing. Other positions are acceptable such as for indoor testing for example. Because of capacitance considerations boom positions are more critical for aerial devices without a *lower test electrode system*. For repeatability, record the positions used for tests in the test documentation.

Figure 17 – Dielectric test for insulating insert/chassis insulating system

6.7.3.2 Test of high electrical resistance upper control system(s) (when identified as such)

Where such *controls* are provided and identified by the *manufacturer* for their high electrical resistance properties, they shall be tested at the voltage specified below. Figure 18 represents a block diagram of the test set-up. The corresponding diagram of the actual set-up shall be illustrated in the *manufacturer's* instructions for use.



Key

- | | |
|---|--|
| 1 connection to the voltage source | 4 conductive component at the boom tip side of the high electrical resistance component(s) |
| 2 <i>operator</i> contact side of the high electrical resistance component(s) | 5 ammeter |
| 3 high electric resistance component(s) | |

Figure 18 – Test of high electrical resistance component(s)

The electrode on the *operator* contact side of the high electrical resistance component(s) shall be made of a conductive material (e.g. spring or foil) and shall be installed as shown in the *manufacturer's* instructions for use and Figure 18.

An ammeter shall be connected to the conductive component at the *boom tip* side of the high electrical resistance component(s) through a shielded coaxial cable and shall be installed as

shown in the *manufacturer's* instructions for use and Figure 18. The ammeter shall then be connected to earth.

An AC test voltage of 40 kV r.m.s. shall be applied between the electrodes for 3 min. The maximum allowable AC current shall be 1 000 μ A.

A DC test voltage of 56 kV may be applied as an alternative test. The maximum allowable DC current shall be 100 μ A.

6.8 Lower test electrode system

With the leakage current monitoring meter disconnected from the leakage current monitoring circuit, the following tests shall be performed.

The *lower test electrode system* shall be checked to ensure that all leakage current paths to the conductive pickup point(s) on each path to be monitored are connected to the metering circuit and are insulated from the metal shield, metal boom knuckle and the *chassis*.

The internal connections shall be verified as conforming to the *manufacturer's* instructions for use.

Single wire metering circuits are normally designed with the components connected in parallel whereas two wire metering circuits are normally designed with the components in each circuit connected in series so the system can detect the breaking of any connection.

NOTE A bore scope, mirror or camera may be required to perform these checks due to the limited space and visibility of the access hole.

An ohmmeter can be used to verify electrical continuity from the metering circuit(s) to the conductive pickup point(s) on each path to be monitored. With one lead connected to the metering circuit, the second lead shall be used to verify the electrical continuity of each leakage path that crosses the insulating section. Any connection point not showing continuity shall be repaired.

The ohmmeter (or insulation resistance tester) can then be used to verify no continuity between the monitoring circuit and the *chassis*, metal shield and metal boom knuckle. The resistance between the monitoring circuit and the chassis, guard electrode, and the conductive portions of the boom shall be greater than or equal to 10 M Ω .

6.9 Equipotential bonding

An ohmmeter shall be used to verify electrical continuity between all conductive components at the *boom tip*.

One lead shall be connected to a bonding point and the second lead shall be used to verify the electrical continuity to each conductive component at the *boom tip*.

The resistance between the bonding point and other conductive components at the platform/boom tip shall be less than or equal to 2,0 Ω .

Any bonding point not showing continuity shall be repaired.

6.10 Mechanical tests

6.10.1 Mechanical tests on insulating boom with its fittings

6.10.1.1 General

The following mechanical tests shall be performed.

Where a particular design of insulating boom is used for more than one *model* of aerial device, a single type test may be performed with the maximum stress conditions used.

These tests shall be performed on each design of insulating boom(s) including its end fittings and its final coating.

A change in raw material (fibreglass, resin, curing agent, etc.) or a change in process that will affect the resin wet-out of the fibreglass shall be considered new designs.

Different cross sectional dimensions do not warrant a new type test unless the boom shows a significant difference in fibre/resin ratio (greater than 10 % by mass) or fibre wet-out (as determined through visual inspection or through a dye-penetration test).

6.10.1.2 Overload and torsion test

An overload and torsion test shall be conducted with 1,5 times the *rated load capacity* applied to the boom with fittings in a position to cause maximum expected load in torsion for a period of 5 min.

After the overload and torsion test, an examination shall be performed checking for signs of deformation, cracks, or other damage detrimental to the safety of the aerial device. The test shall be considered as passed if such indications are not present.

Records of the test and findings shall be kept.

6.10.1.3 Fatigue test

On the boom submitted to 6.10.1.2, a fatigue test shall be carried out to simulate the designed operating conditions. The bending forces to be applied shall correspond to the forces resulting from the rated loads of the work *platform* and on the insulating *fixed handling tool*.

The test shall consist of cycles representative of the expected life of the device but not less than 40 000 cycles.

After the test, an examination shall be performed checking for any signs of deformation, cracks, or other damage detrimental to the safety of the aerial device. The test shall be considered as passed if such indications are not present.

Records of the test and findings shall be kept.

6.10.2 Platform creep

The test shall be performed on an aerial device mounted on its *chassis*.

The insulating fluid within the cylinders shall be allowed to equalize with the ambient temperature prior to the test.

The rated load shall be applied at a position where *platform* creep versus the motion of all the cylinders supporting the *platform* will be maximized. When measured on level ground, the allowable *platform* creep in any direction shall not exceed 6 mm per metre of maximum working height in 60 min.

6.10.3 Hydraulic depressurization (vacuum protection)

A test shall be carried out by simulating a reduction of the hydraulic fluid pressure. When this is realized, the absolute pressure in the line at the top of the boom shall be greater than 80 % of the ambient atmospheric pressure.

This test shall be performed for every hydraulic path crossing the insulating portion of the boom.

This test can be performed as a “bench” test prior to installation of the vacuum protection component.

NOTE Absolute pressure is generally measured with a differential manometer. The absolute pressure can then be determined by the difference between the two column heights.

Where in-line check valve(s) are used to prevent gravity from draining the hydraulic fluid from the line within the insulating portion of the boom, the check valve(s) shall be tested to confirm there is no leakage past the poppet in the direction of flow towards the oil reservoir when a pressure of 101 kPa is applied.

This test can be performed as a “bench” test prior to installation of the check valve (see F.2.1 for test procedures).

6.11 Design and functional tests

In addition to the manufacturer’s type tests, each aerial device, including mechanisms, shall be tested by the manufacturer to the extent necessary to ensure compliance with the design and functional requirements of the relevant subclause in Clause 5.

When the aerial device is not mounted to the vehicle by the manufacturer, such tests, which can be performed only after complete assembly and installation, shall be the responsibility of the installer.

7 Conformance testing of aerial devices after completion of the production phase

For leading the conformance testing during the production phase, IEC 61318 shall be used in conjunction with this document.

Annex D, developed from a risk analysis on the performance of the *insulating aerial devices* for mounting on a *chassis*, provides the classification of defects and identifies the associated tests applicable after completion of production phase.

8 Modifications

Any modification of the *insulating aerial devices* for mounting on a *chassis* shall require additional type tests or that the type tests be repeated, in whole or in part, if it is determined that the modification so justifies and also may require a change in aerial device reference literature.

Annex A (informative)

Guidelines for selecting the characteristics of insulating aerial devices as a function of the live working methods

A.1 General

Annex A is to assist users to select the characteristics of the *insulating aerial device* in relation to its rated voltage and the work method(s).

Aerial devices designed and manufactured according to this document only contribute to the safety of the users provided they are periodically tested and maintained according to this document.

Aerial devices are used to position personnel close enough to electric installations that the workers can perform the live work required. Some characteristics of aerial devices vary with the rated voltage and the working method. Aerial devices only provide a means to isolate an *operator* from a direct contact with the ground. They do not provide protection from contact with apparatus at different potentials such as phase to phase and phase to neutral/earth contacts. *Operators* must understand the requirements to ensure personal safety.

A.2 Bare hand live working

The work method commonly called “bare hand” is where the *platform* is connected directly to a live part of the installation. The upper insulating boom of the aerial device is the primary electrical protection for the worker connected to the live part, and the ground personnel.

Aerial devices designed for this method are generally provided with the following:

- 1) an insulating system rated to provide protection at the maximum voltage exposure;
- 2) a *lower test electrode system* (5.7.7). It allows continuous monitoring of the leakage current during use and permits testing (in the laboratory and in the field);
- 3) all conductive components bonded together at the *platform* end and a facility for the *operator(s)* to bond to the aerial device at the *platform* for the purposes of discharge avoidance (5.7.6);
- 4) a *chassis* earthing system (5.7.11);
- 5) vacuum protection (5.11.1).

Additional features may include the following:

- a) a conductive shield (5.7.7) used in conjunction with the lower test electrode;
- b) a gradient control device (5.7.9);
- c) a chassis insulating system which can be shunted (5.7.10) during bare hand work.

A.3 Live line tool, distance or hot stick working

This method can be used on all live installations. The worker uses live working tools (insulating sticks) to perform the work. The live working tool provides the primary electrical protection for the worker and should be maintained as such. The *insulating aerial device* can provide secondary protection to the worker and can provide protection for ground personnel if any metal above the insulation contacts a live part.

There exist other live working tools, such as insulating *fixed handling tools*, and insulating links, that provide electrical protection for the worker. The user is cautioned that these tools, (like insulating sticks) have appropriate dielectric ratings and require to be maintained in accordance with the instructions for use.

Insulating aerial devices used for the *hot stick working* method are generally provided with the following:

- 1) an insulating system rated to provide the additional protection desired for the worker;
- 2) a *chassis insulating system* to protect ground personnel;
- 3) a *lower test electrode system* (5.7.7) provided purely for the testing (in the laboratory and in the field);
- 4) vacuum protection (5.11.1) where the voltage to be worked is above 46 kV or the maximum height of the barometric column of the hydraulic liquid exceeds 11 m (5.11.1).

A.4 Insulating (rubber) glove working

The *insulating glove working* method is where the worker wears insulating gloves for electrical protection while performing the work. Other electrically insulating equipment (such as insulating blankets and insulating protective covers) are used where needed. The aerial device provides electrical isolation from earth.

Aerial devices designed for this method are generally provided with the following:

- 1) an insulating system rated to provide the worker protection;
- 2) a *platform* made from nonconductive material;
- 3) vacuum protection where the barometric column of hydraulic liquid exceeds 11 m (5.11.1).

Additional features include the following:

- a) an insulating liner;
- b) for worker comfort considerations, all metal at the platform can be bonded together as detailed in 5.7.6. To reduce accidental contact injuries it may be desirable not to bond the metal at platform;
- c) a chassis insulating system to protect ground personnel which is not shunted during insulating glove working;
- d) a lower metering system (5.7.7) may be provided for periodic electrical testing;
- e) a chassis earthing system (5.7.11).

A.5 Use under DC

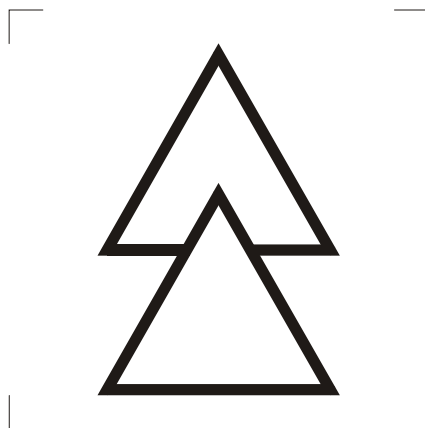
At the present time, there is insufficient long term experience to provide guidance on the characteristics of *insulating aerial devices* to be used under DC conditions.

A.6 Advice for buyers of insulating aerial devices meeting the requirements of this document not intending to make use of them for live working

Proper compliance with Minimum Approach Distances, as defined by governing authority, to exposed live parts is the primary method for such users to prevent accidental contact with those live parts. The insulating properties of an *insulating aerial device* are to be considered only 'back up' or secondary protection to such users. Care is to be taken to assure that the insulating components receive proper care, inspection, and maintenance. Further an appropriate dielectric testing programme is required. Annex E can be referred to for guidance for the required appropriate maintenance and testing programmes.

Annex B
(normative)

Suitable for live working; double triangle
IEC-60417-5216:2002-10



Annex C (normative)

General type test procedure

See Table C.1.

Table C.1 – List and chronological order (where required) of type tests

Order (where required)	Description	Subclause	
		Test	Requirement
Tests on insulating boom test pieces and components crossing the insulating section			
1	Dye penetration test (foam-filled boom only)	6.5	5.7.2
2	AC electrical tests before and after exposure to humidity or, Dielectric wet test DC electrical tests before and after water soaking	6.6.2.1.3 6.6.2.3.1 6.6.2.1.4 6.6.2.2.3	5.7.2
Tests on optical fibre cable test pieces			
	AC electrical tests before and after exposure to humidity	6.6.2.3.1	5.7.5
	Test after the infliction of a gash (if required)	6.6.2.3.2	
Tests on baskets and liners			
	Thickness withstand test on insulating baskets and liners	6.6.3	5.12.4.4
Tests on insulating boom with its fittings			
1	Overload and torsion test	6.10.1.2	5.8.1
2	Fatigue test	6.10.1.3	5.8.1
Tests on insulating aerial devices after mounting			
	Visual and dimensional check	6.2	5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4 5.1.6 5.4 5.5 5.6 5.7.2.2 5.7.2.3 5.7.3 5.7.4 5.7.6 5.7.7 5.7.9 5.7.10 5.7.11 5.11.1 5.11.3 5.11.6 5.11.7 5.11.8 5.12.1 5.12.2 5.12.3 5.12.4.1 5.12.4.2 5.12.4.3 5.12.4.4 5.12.5 5.13

Order (where required)	Description	Subclause	
		Test	Requirement
			5.14 5.15
	Functional check	6.3	5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4 5.1.5 5.2 5.3 5.8.2 5.9 5.11.2 5.11.3 5.11.4 5.12.2
	Durability of marking	6.4	5.13
Dielectric tests of the insulating systems of the complete aerial devices			
	Aerial devices with <i>lower test electrode</i>		
	Dielectric tests of the upper insulating system	6.7.2.2	5.7.1
	Lower test electrode	6.8	5.7.7
	Equipotential bonding	6.9	5.7.6
	Aerial devices without lower test electrode		
	Dielectric tests of the upper insulating system	6.7.3.1.2	5.7.1
	Dielectric tests of a <i>lower boom</i> with an insulating insert or other type of chassis insulating system	6.7.3.1.3	5.7.1
	Test of high electrical resistance upper control system(s) (when identified as such)	6.7.3.2	5.1.6
	Dielectric test on fixed handling tools	6.6.4	5.7.4
	Resistance test – Chassis earthing system	5.7.11	5.7.11
	<i>Platform</i> creep	6.10.2	5.11.3
	Hydraulic depressurization (vacuum protection)	6.10.3 ^a	5.11.1
^a It is also possible to perform the test separately on the vacuum protection system.			

Annex D (normative)

Classification of defects and tests to be allocated

Annex D was developed to address the level of defects of manufactured *insulating aerial devices* for mounting on a *chassis* (critical, major or minor) in a consistent manner (see IEC 61318). For each requirement identified in Table D.1, both the type of defect and the associated test are specified.

Table D.1 – Classification of defects and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	
5.1	Controls				
5.1.1	Activation operation	X			6.3
	- interlock	X			6.3
	- avoidance of danger from moving parts	X			6.2; 6.3
	- marking	X			6.2; 5.13
5.1.2	Duplicate controls	X			6.2; 6.3
5.1.3	Emergency stop	X			6.3
5.1.4	Control of <i>outriggers</i>	X			6.2; 6.3
5.1.5	Monitoring of digital controls	X			6.3
5.1.6	High electrical resistance upper control system(s)	X			6.2; 6.7.3.2
5.2	Failure of the source of power	X			6.3
5.3	Restoration of power after failure	X			6.3
5.4	Boom travel protection		X		6.2
5.5	Chassis inclination				
	- provision and visibility of inclinometer			X	6.2
	- functionality of inclinometer	X			6.3
5.6	Locking pins	X			6.2
5.7	Electrical				
5.7.1	Insulating systems				
	- Adequate insulation	X			6.7
	- Prevent trapping of moisture and contaminants	X			6.3
	- Marking of the insulating sections		X		6.2
5.7.2	Insulating booms				
5.7.2.1	Insulating materials	X			6.5; 6.6; 6.7
5.7.2.2	Open hollow booms		X		6.2
5.7.2.3	Sealed hollow booms		X		6.2
5.7.3	Insulating hydraulic hoses				
	- compliance with standard	X			6.2
	- marking	X			6.2
	- correct fluid	X			6.7
	- insulating pneumatic lines	X			6.7
	- manufacturer's information			X	6.2
5.7.4	Insulating fixed handling tools	X			6.6.4
5.7.5	Insulating optical fibre cables	X			6.6.2
5.7.6	Equipotential bonding	X			6.9
5.7.7	Lower test electrode	X			6.8
5.7.8	Corona effect		X		6.3; 6.7
5.7.9	Gradient control devices	X			6.2
5.7.10	Chassis insulating system bypass	X			6.2
5.7.11	Chassis earthing system		X		6.3
5.8	Particular mechanical requirements				
5.8.1	- structural design	X			6.10.1.2
	- failure by yielding	X			6.10.1.2; 6.10.1.3
	- failure by fatigue	X			6.10.1.3
	- ductile material	X			6.3
	- brittle materials	X			6.3
	- chain and wire rope	X			6.3
5.8.2	Stability	X			ISO 16368:2010, 5.1.4.5

Requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	
5.9	Speed of extending structure		X		ISO 16368:2010, 4.4.5
5.11	Hydraulic system				
5.11.1	- hydraulic depressurization	X			6.10.3
	- access to components		X		6.2
	- instructions for periodic maintenance		X		6.2
5.11.2	- hydraulic pressure rise	X			6.3
5.11.3	- system protection	X			6.3; 6.10.2
	- correct fittings	X			6.2
	- unwanted motion	X			6.3
5.11.4	- overriding safety devices		X		6.3
5.11.5	- pressure limiting device		X		ISO 16363, 4.9.3
5.11.6	- bursting strength – hoses and fittings		X		6.2; 6.3
5.11.7	- fluid level indicators			X	ISO 16368:2010, 4.9.8
5.11.8	- fluid cleanliness		X		ISO 16368:2010, 4.9.9
5.12	Platforms				
5.12.1	- security		X		6.2; 6.3
5.12.2	- levelling	X			6.3
5.12.3	- guardrail system		X		ISO 16368:2010, 4.6.3, 4.6.5, 4.6.7
5.12.4	Baskets			X	6.4.2
5.12.4.1	- general			X	6.2
5.12.4.2	- non-insulating baskets for use with insulating liners		X		6.2
	- void of holes				6.2
	- insulating liners	X			6.6.3
	- liner supported by basket			X	6.2
5.12.4.3	- non-insulating baskets for use without liners			X	6.2
5.12.4.4	- insulating baskets	X			6.6.3
5.12.5	- personnel safety attachments	X			ISO 16368:2010, 4.6.4
	- identification of fall protection system	X			6.2
5.13	Marking				
	- absence of marking		X		6.2
	- incorrect marking	X			6.2
	- durability of marking			X	6.4
	- marking interferes with insulating performance	X			6.7
5.14	Instructions for use				
	- absence of information	X			6.2
	- incorrect information	X			6.2
	- incomplete of information		X		6.2

Annex E (informative)

Care and maintenance

E.1 General

Aerial devices used for live working applications provide protection to the *operator*, and failure may contribute to an incident. It is therefore important that a structured maintenance programme be established and that *operators* be formally trained and qualified in care and maintenance (see ISO 18893).

After the aerial device is put into service, periodic testing and in-service checking will ensure that the characteristics of the equipment remain adequate for live working, and in accordance with design specifications.

Only *formally trained and qualified persons* should perform periodic inspection and electrical re-testing.

Maintenance and frequency of maintenance should be determined based on the recommendations of the *manufacturer* and with due cognizance of the aerial device duty cycle and environmental effects such as pollution and weather.

Manufacturers employ various techniques in the construction of the insulating booms, each with individual peculiarities. The *manufacturer's* specific recommendations regarding care and maintenance should be strictly adhered to in all cases.

E.2 Care of insulating components

E.2.1 Care whilst in transit

Aerial devices used for live working may be exposed to contaminants such as rain, road dust and salts and other atmospheric pollutants which may affect the characteristics of insulating booms and thereby reduce the dielectric withstand. Similarly, long term exposure to ultraviolet radiation may affect the insulating properties. It is recommended that where the insulating components of an aerial device are exposed to a harsh environment, consideration should be given to the use of protective covers whilst in transit and during storage.

E.2.2 Care during work activities

An *insulating aerial device* is used for positioning one or more *operators* in a live-line working environment and possibly to move materials, apparatus or live parts by means of an insulating *jib*.

To prevent damage it is important that boom and *jib* operations should be smooth and free from sudden, shock movements.

Direct contact with extraneous equipment such as structures, trees etc. should be avoided. It is recommended that a minimum clearance of 100 mm be maintained thus providing a physical and visible air gap.

Tools, equipment and materials that are temporarily stored within the confines of the *platform* should not be stood upon and they should be removed from platforms as soon as practicable and before storage. Similarly, such items should not be dropped into the platform.

To protect the insulating properties and structural integrity of the insulating platforms, consideration should be given to the use of a protective *liner* or scuff pad.

The aerial device should not be used as a fulcrum for prying, pushing or lifting. Conductors or other equipment should not be laid on the platforms.

The winch should only be used for lifting or lowering. It should not be used in any other configuration unless explicitly warranted by the *manufacturer*.

The rated capacity of the aerial device should not be exceeded either by overloading or exceeding the moments conducive to overturning. Caution should be exercised when carrying tools and equipment not to exceed the *platform* capacity.

E.2.3 Storage

When parking aerial devices in buildings or maintenance garages where heat sources are present, care should be taken to avoid damage to the insulating portion of the aerial device from excessive heat. Fibreglass portions can be damaged if their resins are exposed to temperatures of 80° C or more.

E.3 Maintenance of insulating components

E.3.1 General

The insulating components of the aerial device, i.e. boom, platforms and, if fitted, *jib*, should be maintained in a clean condition and subjected to a visual inspection by the *operators* before commencing work.

A programme of periodic testing should be established which should include a more detailed visual examination and dielectric testing.

Only personnel who are formally trained and qualified should be permitted to conduct inspections and perform electrical and mechanical tests.

E.3.2 Cleaning

It is very important to maintain the insulating components of the aerial device (including the internal part of hollow booms) in a clean condition.

Minor soiling can be removed with a lint-free cloth. Tack rags should not be used. For heavier soiling, a lint-free cloth lightly dampened with a suitable solvent may be used.

NOTE A suitable solvent is one which removes surface contaminants and moisture and does not degrade the dielectric properties of the insulating components or soften the gel coat. An example of a suitable solvent is isopropanol (CH₃-CH(OH)-CH₃).

Consideration should be given to regular depot/service centre cleaning using a mild detergent as recommended by the *manufacturer*. Note that certain detergents may leave a residue which can affect the insulating properties. Abrasive cleaners should not be used.

Where exceptionally dirty conditions prevail, a high pressure hot wash may be used with the following restrictions:

- water temperature should not exceed 50 °C;
- pressure should not exceed 690 kPa.

E.3.3 Siliconing or waxing

Caution: Improperly applied silicone or wax can attract/deploy contaminants which can reduce the dielectric properties of the insulating components.

Following cleaning, allow the surface to dry.

A fine coating of silicone or wax should then be applied using either a clean lint-free cloth or spray. Where spray application is chosen, the sprayed surface should be wiped with a lint-free cloth to remove excess material. All necessary precautions have to be taken when spraying silicone or wax. Relevant *manufacturer's* instructions for use should be followed.

The silicone or wax coating may be removed by certain cleaning agents or by solvents.

E.4 Inspection of insulating components

E.4.1 General

Insulating components of aerial devices should be inspected in accordance with the *manufacturer's* recommendations to identify any defects or malfunctions of the equipment. Any suspected items should be carefully examined and a determination made by a *formally trained and qualified person* as to whether they constitute a hazard.

Structural damage includes cuts which can result from collision with sharp edges and can be seen as holes or grooves, often with broken and exposed glass fibres. Structural damage includes also bruises caused by collision with a blunt edge such as tree branches, poles, etc. and seen as light craze marks. Overloading tends to make the boom buckle near the base of the opposite side from the applied force, resulting in cracks, swelling or creasing at or near the steel attachment.

All unsafe items should be replaced or repaired before the *aerial device* is used.

The inspection should take place immediately following cleaning. The exterior of insulating components such as boom, platforms and *jib* should be wiped clean with a lint-free cloth. Where necessary the cloth may be lightly dampened with a suitable solvent.

E.4.2 Pre-start inspection

E.4.2.1 Purpose

The purpose of this inspection is to identify any deficiencies which may have arisen during previous work, periods of storage, etc. The inspection is primarily visual although the *operator* should listen for any abnormal audible noises which may be present or occur during the functional checks.

In all cases, the first check is to confirm that the *insulating aerial device* and other insulating component tests can be validated.

E.4.2.2 General

A visual inspection and functional check should be performed before work commences and the results preferably recorded on a pro-forma sheet.

The insulating components should be visually examined for surface damage such as cracks, delamination, deep scratches, etc.

For a sealed hollow boom, the performance of the sealing system should be checked. For example, where present, the condition of the desiccant should be checked. A blue colour indicates that the desiccant is satisfactory.

Mechanical components such as pins and retainers should be visually examined for any obvious irregularity.

The aerial device, once stabilized, should be operated through a complete cycle from the *lower controls*, with no person in the platforms, in order to verify the functions. Liquid leaks, cylinder creepage, any unusual noise, malfunctions, erratic movement, or any other abnormal occurrence should be checked for.

The emergency power system and emergency stop facility should be checked to ensure correct operation.

Visual and audible warning devices should be verified.

Where present, corona rings should be checked for damage; the condition of the equipotential bonding should be verified and a leakage test performed in accordance with E.5.1.1

E.4.2.3 Pre-start inspection of platforms and liners

The floor of the *platform* should be inspected for dirt or other material which might damage the *platform* or, in the case of bare hand operations, prevent good contact between the floor and the conductive footwear. The exterior of the *platform* should be inspected for physical damage such as cracks, delamination, etc. and wiped clean with a lint-free cloth lightly dampened with a suitable solvent.

Where used, *platform* liners should be inspected for physical damage especially punctures or cracks.

Debris and loose material should be removed before commencing work.

E.4.3 Frequent and annual inspections of aerial devices

Intervals should be established based on the *manufacturer's* recommendations together with other factors such as activity, severity of service, environment.

In addition to those items detailed in ISO 18893 and in E.4.1 and E.4.2, the following should be inspected as a minimum:

- a) insulating components and structural members for deformation, cracks or corrosion;
- b) insulating liquids for its dielectric properties;
- c) condition of leakage current monitoring system;
- d) operation of vacuum protection system.

E.5 Tests

E.5.1 Periodic electrical tests

E.5.1.1 General

High voltage electrical tests should be performed in accordance with IEC 60060-1.

Periodic high voltage tests when performed in strict accordance with this document should not damage or degrade insulating components. The tests in Annex E are not to be confused with those required as *manufacturer's* design, qualification and acceptance tests. These tests will

also detect any defect in the dielectric strength of the insulating hoses and *control* rods which pass down the insulating boom.

The insulating components should be tested in accordance with Tables E.1, E.2, and E.3.

Where the aerial device is to be used for DC bare hand work, the insulating components should be tested in accordance with Table E.4.

Prior to electrical testing, insulating components should be clean. E.3.2 provides guidance on cleaning and E.3.3 on the application of silicone or wax.

The test arrangement should be documented for repeatability. Details of rated *platform height of the MEWP* and boom configuration should be recorded.

Table E.1 – Electrical test values for periodic electrical testing of insulating aerial devices with lower test electrode system for AC applications

	AC test				DC test		
	Rated voltage of aerial device kV r.m.s.	Test voltage kV r.m.s.	Maximum allowable boom current $\mu\text{A}/\text{kV}$	Test period s	Test voltage ^a kV	Maximum allowable boom current $\mu\text{A}/\text{kV}$	Test period s
Upper insulating system test	U_r	$1,5U_r/\sqrt{3}$	1	60	$2,1U_r/\sqrt{3}$	0,5	180
^a For the purposes of this document, the DC equivalent is the r.m.s. test voltage multiplied by a factor of 1,4.							

Table E.2 – Electrical test values for periodic testing of insulating aerial devices without lower test electrode system for AC applications

	AC test				DC test			
	Rated voltage of aerial device kV r.m.s.	Test voltage kV r.m.s.	Maximum allowable boom current μA	Test period s	Rated voltage of aerial device kV r.m.s.	Test voltage ^a kV	Maximum allowable boom current μA	Test period s
Upper insulating system test	≤ 80	40	400	60	≤ 80	56	56	180
^a For the purposes of this document, the DC equivalent is the r.m.s. test voltage multiplied by a factor of 1,4.								

Table E.3 – Electrical test values for periodic electrical testing of insulating components of aerial devices for AC applications

Component	Test voltage	Maximum allowable surface leakage current	Test period	Criteria
	kV r.m.s.			
Lower boom insert	35	3 000	180	No sparkover, flashover or puncture and no heating should occur (tolerance 10 °C)
Insulating basket / liner	35	-	60	No flashover or puncture
Insulating jib	60 per metre 100 max	1 000	60	No sparkover, flashover or puncture and no heating should occur (tolerance 10 °C)
Optional DC tests				
Lower boom insert	50	100	180	No sparkover, flashover or puncture and no heating should occur (tolerance 10 °C)
Insulating basket / liner	100	-	180	No flashover or puncture

Table E.4 – Electrical test values for periodic electrical testing of insulating aerial devices with lower test electrode system for DC applications

	DC test			
	Rated voltage of aerial device (positive pole to negative pole)	Test voltage	Maximum allowable boom current	Test period
	kV	kV	μA	s
Upper insulating system test	U	$1,6U$	$0,8U$	60

E.5.1.2 Procedure for periodic electrical tests of the upper insulating system of devices with lower test electrode system

The test set-up is as illustrated in Figure 15.

Where present, the *lower boom insert* or *chassis insulating system* is shunted for the duration of this test. Elbows are also shunted. A suitable jumper is of copper conductor having a cross sectional area of 32 mm².

All conductive materials at the upper end of the insulating boom are electrically bonded for the duration of the test. Aerial devices used for bare hand work shall have the metal *liner* inserted into the *basket* and bonded.

All hoses forming part of the upper insulating system are completely filled with non-conductive or insulating fluid during the test.

The vehicle *chassis* is earthed.

The continuity between the metal monitoring “test” bands and the receptacle is checked before performing the test. The current meter is connected between the current meter receptacle and earth using a shielded cable.

The voltage source may be AC or DC in accordance with Table E.1.

E.5.1.3 Procedure for periodic electrical tests of the upper insulating system of devices without a lower test electrode system

The test set-ups are as illustrated in Figure 16 and Figure E.1 (only for DC).

Where present, the *lower boom* insert or *chassis insulating system* is shunted for the duration of this test. Elbows are also shunted. A suitable jumper is of copper conductor having a cross sectional area of 32 mm².

All conductive materials at the upper end of the insulating boom are electrically bonded for the duration of the test.

All hoses forming part of the upper insulating system are completely filled with insulating fluid during the test.

For the test set-up of Figure 16, the wheels and *outriggers* (where applicable) are supported on insulating material. The current meter is connected between the vehicle *chassis* and earth using a shielded cable.

For the test set-up of Figure E.1, the vehicle *chassis* is earthed. It is not necessary to support wheels and *outriggers* on insulating material and the current meter is connected in circuit between the voltage source and the *platform*, using a shielded cable.

The voltage source may be AC or DC in accordance with Table E.2.

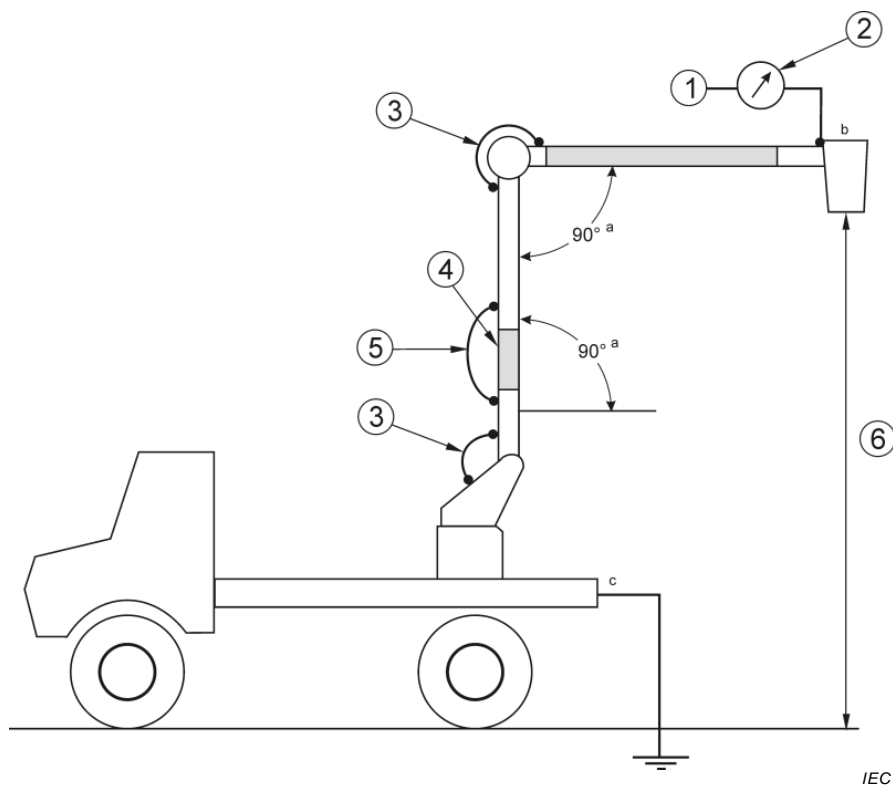


Figure E.1a – Non extensible boom type aerial devices

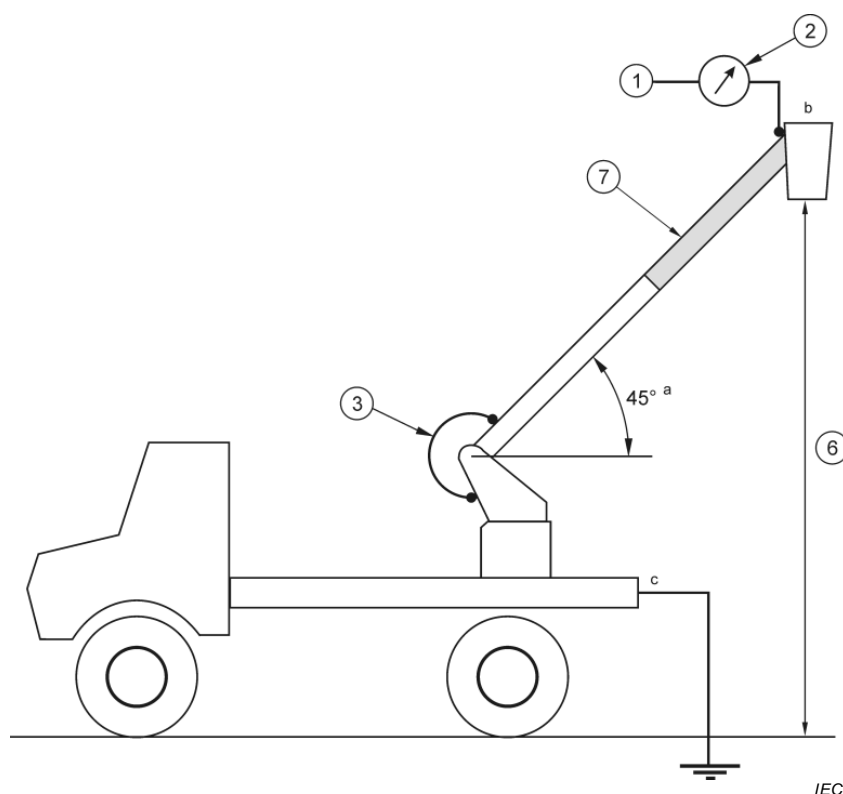


Figure E.1b – Extensible boom type aerial devices

Key

- | | | | |
|---|------------------------|---|--|
| 1 | voltage source DC only | 5 | insulating insert shunt |
| 2 | current meter | 6 | <i>platform</i> height recorded for consistency or duplication of test results |
| 3 | bonding jumper | 7 | insulating section extended to minimum extension required by the manufacturer |
| 4 | insulating insert | | |
- ^a These boom positions are for outdoor testing. Other positions are acceptable such as for indoor testing for example. For repeatability, record the positions used for tests in the test documentation.
- ^b Conductive material at the *platform* end of the insulating boom shall be electrically bonded as per *manufacturer's* instructions during the test.
- ^c Test stand or *chassis* is to be earthed.

Figure E.1 – DC only test of the upper insulating system of devices without permanently installed lower test electrode system

E.5.1.4 Procedures for periodic electrical tests of lower boom insulating insert or of other type of chassis insulating system

The test set-ups are as illustrated in Figure 17 and Figure E.2 (only for DC).

Lower boom insert or chassis insulating system shunts are removed.

All hoses forming part of the upper insulating system are completely filled with insulating fluid during the test.

For the test set-up of Figure 17 the wheels and outriggers (where applicable) are supported on insulating material. The current meter is connected between the vehicle *chassis* and earth using a shielded cable.

For the test set-up of Figure E.2, the vehicle *chassis* is earthed. It is not necessary to support wheels and outriggers on insulating material. The current meter is connected in circuit between the voltage source and the high voltage side of the *lower boom insert* or *chassis insulating system*, using a shielded cable.

The voltage source may be AC or DC in accordance with Table E.3.

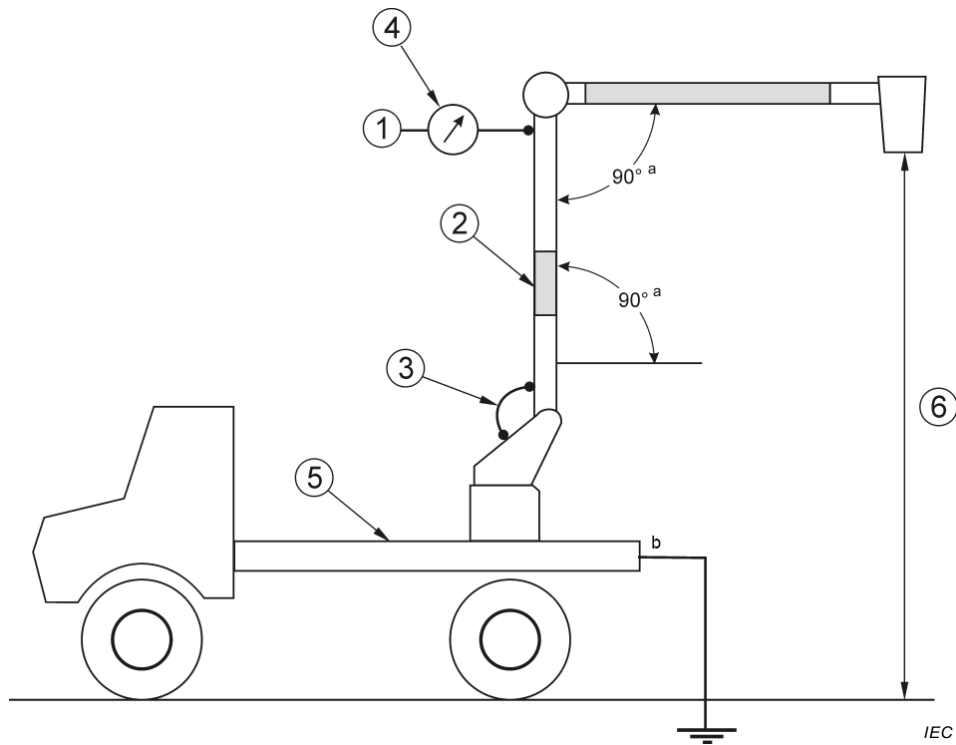


Figure E.2a – Chassis insulating system in lower boom

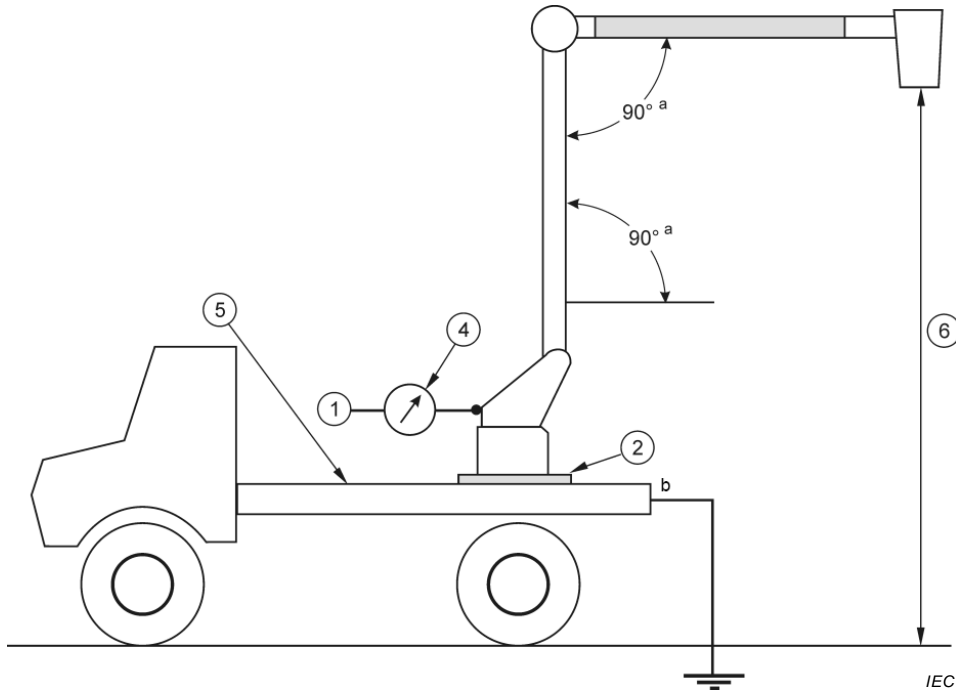


Figure E.2b – Chassis insulating system between chassis and turntable

Key

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 voltage source DC only | 4 current meter |
| 2 chassis insulating system | 5 chassis or test stand |
| 3 bonding jumper | 6 <i>platform</i> height recorded for consistency or duplication of test results |

^a These boom positions are for outdoor testing. Other positions are acceptable such as for indoor testing for example. For repeatability, record the positions used for tests in the test documentation.

^b Test stand or *chassis* is to be earthed.

Figure E.2 – DC only test of insulating lower boom insert or chassis insulating system

E.5.1.5 Procedures for on site periodic electrical tests of the upper insulating system of devices with lower test electrode system

Where present, the *lower boom insert* or *chassis insulating system* is shunted for the duration of this test. Elbows are also shunted using suitable jumpers.

All conductive materials at the upper end of the insulating boom are electrically bonded for the duration of the test. Aerial devices used for bare hand work have the metal *liner* inserted into the *platform* and bonded.

All hoses forming part of the upper insulating system are completely filled with insulating fluid during the test.

The vehicle *chassis* is earthed.

A current measuring device (ammeter/shunt) is connected between the current meter receptacle and earth using a shielded cable.

The minimum voltage of the test circuit is at least equal to that of any circuit on which the aerial device is to be used but not greater than the *rated voltage of the aerial device*. The test is performed for a period of 180 s. The maximum allowable current should not exceed 1 µA/kV AC or 0,5 µA/kV DC.

E.5.1.6 Procedure for periodic test of high electrical resistance upper control system(s) (when identified as such)

High electrical resistance upper *control* system(s) (when identified as such) should be tested according to 6.7.3.2.

E.5.1.7 Procedure for periodic electrical tests on the insulating fixed handling tools

Insulating *fixed handling tools* should be tested according to 6.6.4.

E.5.1.8 Procedure for periodic electrical test of insulating baskets/liners

Insulating *baskets* or *liners* are tested according to 6.6.3 except that the test voltage is according to Table E.3.

There should be no flashover or puncture of the *liner* or *basket*.

E.5.2 Mechanical test – Acoustic emission testing

Where specified by a *manufacturer* or required by a user, an acoustic emission test may be performed and the data compared with that of the boom when new.

Acoustic emission test is used to detect and area-locate emission sources. Verification of emission sources may require the use of other non-destructive test (NDT) methods, such as radiography, ultrasonic, magnetic particle, liquid penetrant and visual inspection.

For more information, see ASTM F914 and ASTM F1430.

E.6 Records

Records of frequent and annual inspections and test should be maintained during the operational life of the aerial device.

The record should detail as a minimum

- defects and remedial action,
- date of inspection or test,
- name and signature of authorized person who performed or supervised the inspection or test.

E.7 Repairing/refurbishing

Repairs, refurbishing or modifications should be in strict accordance with the *manufacturer's* recommendations and should be performed by or under the supervision of a *formally trained and qualified person(s)*. The aerial device should be repaired only by qualified entities.

A detailed record should be kept of all maintenance and repairs performed on the aerial device.

Replacement parts should meet or exceed the *manufacturer's* specification.

Where an insulating hydraulic hose is to be replaced, the new hose should meet or exceed the requirements of this document for insulating hydraulic hoses. When a component which forms part of the insulating system such as a hose, levelling rod, carrier, rod, or conduit has been replaced within the insulating portion of the fibreglass boom, an electrical test should be performed as per E.5.1.4 at the rated voltage of the aerial device before the unit is returned to service. Test results should be recorded and placed on file.

Following the repair or replacement of the insulating boom insert (or other type of *chassis insulating system*), an electrical test should be performed as per E.5.1.4 before the unit is returned to service. Test results should be recorded and placed on file.

Corona rings should not be removed or repaired except by a *formally trained and qualified person(s)*.

Following the reinstallation and/or repair of the corona ring an electrical test should be performed as per E.5.1.5 at the rated voltage of the aerial device before the unit is returned to service. Test results should be recorded and placed on file.

Following any major repair of the insulating upper boom, an acceptance test of the aerial device as per Table 1 (or Table 2 if the aerial device is used for DC applications) at the voltage rating of the aerial device shall be performed and the unit re-certified before returning to service. Major repairs include the replacement of the insulating upper boom fibreglass section, and/or resurfacing or repainting of the exterior or interior boom surfaces. A certification of the test should be placed on file for the aerial device.

Where work involves the levelling system, or affects the stability or mechanical or hydraulic integrity of the device, the appropriate mechanical tests as per 6.10 should be performed and the results recorded and placed on file before returning the aerial device to service.

E.8 Overriding safety devices

Overriding safety devices is to be prohibited during normal operation or rescue except in accordance with *manufacturer's* prescribed safe *override* procedures. Overriding safety devices during testing, repairing or maintenance of an aerial device should be accomplished in accordance with the *manufacturer's* recommendations and procedures.

E.9 Care, maintenance and periodic inspection when insulating aerial devices are for other uses than live working

It happens that users of aerial devices covered by this document are interested in the non-conductive (insulating) properties when performing other works than live working. In those circumstances, even if the electrical risk is of a different nature and may seem lower, it is important that the users take care, maintain and perform periodic inspection as recommended in Annex E.

Moreover, a buyer of a pre-used aerial device originally manufactured to be suitable for live working (marked with the double triangle symbol) should verify that the original and subsequent owner(s) have applied the requirements of this document to ensure the integrity of the non-conductive (insulating) characteristics.

Annex F (informative)

Hydraulic depressurization (vacuum protection) (see 5.11.1 and 6.10.3)

F.1 General

Subclause 5.11.1 defines when a system to prevent hydraulic depressurization is required. The system can incorporate in-line check valves to maintain fluid in the lines and atmospheric valves to allow air to enter the lines at the *boom tip* to prevent a vacuum forming which would result in reduced dielectric strength in those lines.

In-line check valves are typically installed in an easily accessible location below the insulating portion of the boom. For example, it is usual on articulating boom aerial devices for the in-line check valves to be installed at the *elbow* area. Atmospheric check valves are installed in all hydraulic lines that cross the insulating boom.

Manufacturers employ various designs and components in the hydraulic depressurization (vacuum protection) system. The *manufacturer's* specific recommendations regarding care and maintenance should be strictly adhered to in all cases.

F.2 In-line check valves

F.2.1 General

In-line check valves are installed in the hydraulic lines that cross the insulating boom in order to maintain a column of fluid within the hydraulic lines of the insulating boom.

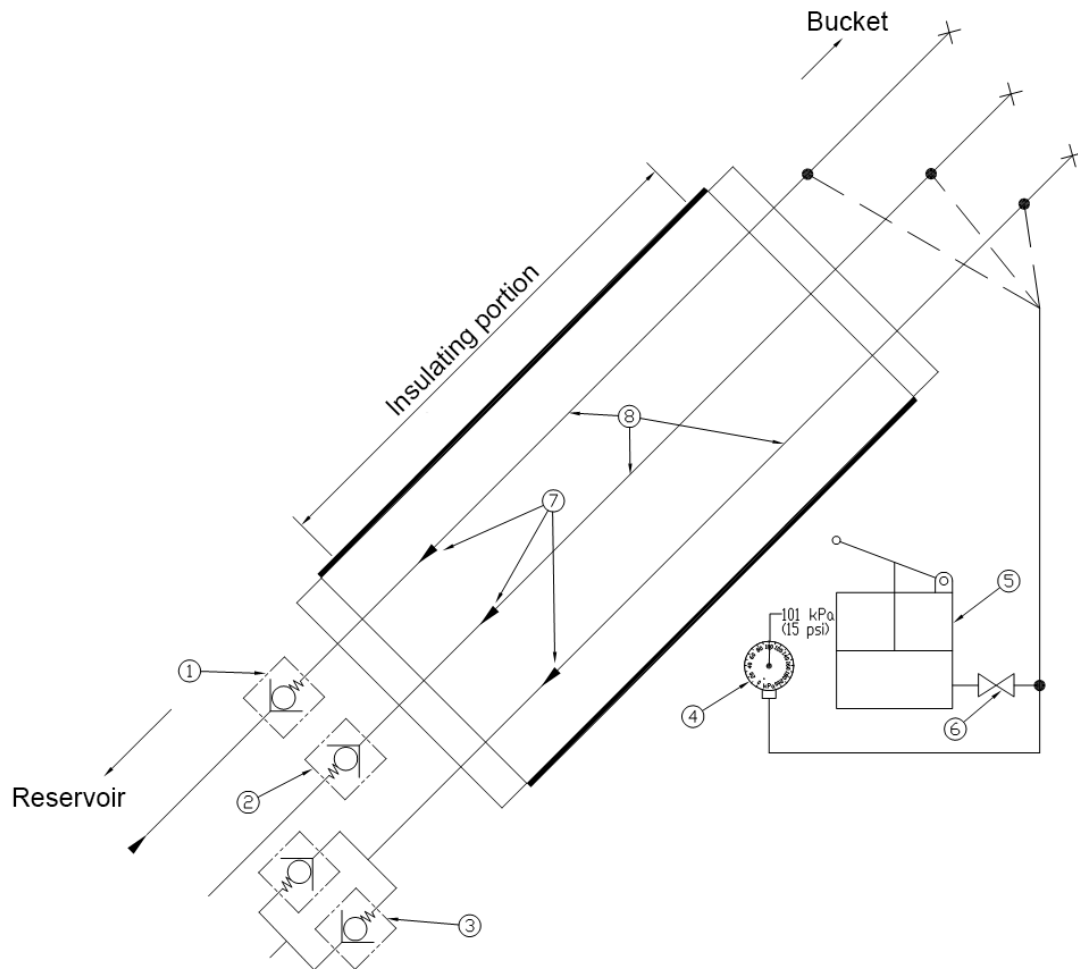
A full column of fluid within the hydraulic line(s) prevents depressurization within the line that may result in the formation of a partial vacuum within the line(s). The location of the in-line check valve is determined by the *manufacturer* and is typically within the insulating boom below the insulating portion. The pressure rating of the check valve(s) is greater than the pressure resulting from the weight of the hydraulic fluid within the line acting on the poppet to unseat the check valve and, any negative pressure on the spring side of the poppet (i.e. a depressurization in the hydraulic line below the check valve due to gravity draining the fluid from the line in the non-insulating portion of the aerial device). Figure F.1 shows a typical arrangement for installation and testing of in-line check valves for the insulating boom's vacuum protection system.

Uni-directional check valves may be used for lines where the flow is in one direction only (e.g. a pressure or return line). Bi-directional check valves may be used where the flow within the line(s) is required in both directions (e.g. boom and material handling function lines).

F.2.2 Testing the in-line check valves (typical test procedure – reference Figure F.1)

- a) The hydraulic fluid within the line(s) to be tested should be at ambient temperature.
- b) The hydraulic line to be tested is plugged at the bucket end of the line.
- c) With a manually operated pump (or variable pressure source) connected to the line to be tested (Figure F.1, item 5), and the shut-off valve (item 6) opened, the pressure is raised to 101 kPa.
- d) The shut-off valve is closed and the pressure in the line is monitored for 5 min. The pressure must remain constant (± 2 kPa) at 101 kPa over the 5 min test period.
- e) The test is repeated for each of the hydraulics lines crossing the insulating boom that have an in-line check valve.

NOTE The test can be performed on each of the in-line check valves as a “bench test” prior to installation of the check valve. The test pressure is applied to the check valve, depending on the function of the check valve (e.g. pressure, return, function line), in the direction (item 7) shown in Figure F.1.



IEC

Key

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | uni-directional check valve (e.g. pressure line) | 5 | manually operated pump (or variable pressure source) |
| 2 | uni-directional check valve (e.g. return line) | 6 | shut-off valve |
| 3 | bi-directional check valve (e.g. material handling function line) | 7 | direction of application of test pressure |
| 4 | pressure gauge | 8 | hydraulic lines through insulating section |

Figure F.1 – In-line check valve test for the insulating boom vacuum protection system

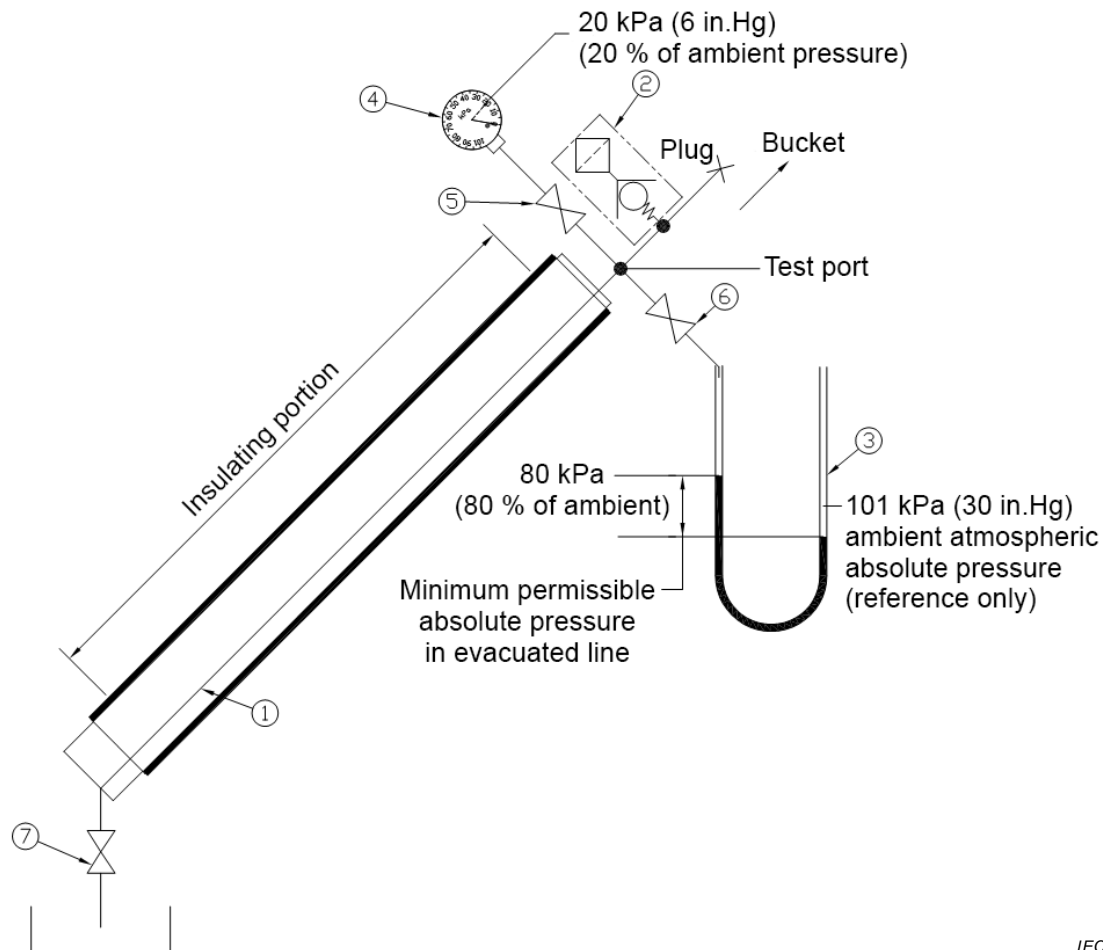
F.3 Atmospheric check valve assembly

F.3.1 General

Atmospheric check valves are installed in the hydraulic lines crossing the insulating boom above the insulating portion (i.e. at the basket end of the insulating boom). In the event that gravity drains the hydraulic fluid within a hydraulic line within the insulating portion of the boom, the depressurization within the line results in a partial vacuum forming within the evacuated area of the line resulting in a reduction in dielectric strength that could produce an electrical breakdown. The atmospheric check valve(s) limits the amount of depressurization by permitting air to enter the evacuated area of the line and restoring the dielectric strength. The atmospheric check valve must open to atmosphere to maintain the absolute pressure

within the evacuated area of the line equal to or greater than 80 % of the ambient atmospheric pressure. A breather/filter is usually incorporated with the atmospheric check valve assembly to prevent airborne contaminants from entering the line.

Figure F.2 shows a typical arrangement for installation and testing of the atmospheric check valve(s) as a component of the vacuum protection system.



IEC

Key

- | | | | |
|---|---|---|------------------------------------|
| 1 | hydraulic line being tested | 5 | shut-off valve (vacuum gauge) |
| 2 | atmospheric check valve assembly | 6 | shut-off valve (manometer) |
| 3 | differential manometer (see F.3.2, Note 2) | 7 | shut-off valve (line being tested) |
| 4 | vacuum gauge (alternative, see F.3.2, Note 1) | | |

Figure F.2 – Atmospheric check valve assembly test for the insulating boom vacuum protection system

F.3.2 Testing the atmospheric check valves (typical test procedure – reference Figure F.2)

- Install a shut-off valve (Figure F.2, item 7) in the hydraulic line being tested below the insulating portion of the insulating boom.
- Plug the hydraulic line being tested above the atmospheric check valve.
- Connect a differential manometer and a shut-off valve (items 3, 6) to the test port. Open the shut-off valve.
- Raise the insulating boom sufficiently to permit the hydraulic fluid to drain from the line being tested.

- e) Slightly open the lower shut-off valve (item 7) until fluid begins to drain from the line.
- f) Monitor the differential manometer reading as the fluid is draining from the line. It must be greater than 80 % of the ambient atmospheric pressure at all times during the test.

Table F.1 shows typical ambient atmospheric pressures at altitudes above sea level and the maximum and minimum allowable pressure within the line.

Table F.1 – Allowable vacuum formation within hydraulic lines (adjusted for altitude)

Altitude m (ft)	Absolute atmospheric pressure (typical)		Minimum allowable absolute pressure (within the line)		Maximum allowable vacuum (gauge) (within the line)	
	kPa	inHg	kPa	inHg	kPa	inHg
Sea level	101	29,9	80	24	21	6,0
305 (1 000)	98	28,9	75	23,1	23	5,8
610 (2 000)	94	27,8	75	22,2	19	5,6
914 (3 000)	91	26,8	73	21,4	18	5,4
1 220 (4 000)	87	25,8	70	20,6	17	5,2
1 524 (5 000)	84	24,9	68	19,9	16	5,0

- g) Repeat the test procedure for all hydraulic lines equipped with an atmospheric check valve assembly.

NOTE 1 A vacuum gauge, equipped with an ambient atmospheric pressure equalization feature, and shut-off valve (items 4, 5) can be used as an alternative to the differential manometer. As the hydraulic fluid is draining from the line, the vacuum reading on the gauge should not exceed 20 kPa at any time during the test.

NOTE 2 Hand-held digital manometers are available that measure absolute pressure with a high degree of accuracy. A digital manometer can be used as an alternative to the tube-type differential manometer shown in Figure F.2.

NOTE 3 The test can be performed on each of the atmospheric check valve assemblies as a “bench-test” prior to installation of the atmospheric check valve(s). A vacuum pump, connected to the spring side of the atmospheric check valve, can be used to simulate the depressurization within the hydraulic line.

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050-651:2014, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 651: Live working*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60743:2013, *Live working – Terminology for tools, devices and equipment*

IEC 60855-1, *Live working – Insulating foam-filled tubes and solid rods – Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section*

IEC 61109, *Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

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

IEC 61472:2013, *Live working – Minimum approach distances for a.c. systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation.*

IEC 61865:2001, *Overhead lines – Calculation of the electrical component of distance between live parts and obstacles – Method of calculation*

ISO 4302, *Cranes – Wind load assessment*

ISO 4305, *Mobile cranes – Determination of stability*

ISO 18893, *Mobile elevating work platforms – Safety principles, inspection, maintenance and operation*

ASTM F914-03, *Standard Test Method for Acoustic Emission for Insulated and Non-Insulated Aerial Personnel Devices Without Supplemental Load Handling Attachments*

ASTM F1430-03, *Standard Test Method for Acoustic Emission Testing of Insulated and Non-Insulated Aerial Personnel Devices with Supplemental Load Handling Attachments*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	92
INTRODUCTION.....	94
1 Domaine d'application	95
2 Références normatives	95
3 Termes et définitions	96
4 Termes spécifiques et nomenclature.....	105
5 Exigences.....	108
5.1 Commandes.....	108
5.1.1 Activation et manœuvre	108
5.1.2 Doubles commandes	109
5.1.3 Arrêt d'urgence.....	110
5.1.4 Commande des stabilisateurs.....	110
5.1.5 Contrôle des radiocommandes et des commandes à fibres optiques.....	110
5.1.6 Système(s) de commandes supérieures à résistance électrique élevée	110
5.2 Défaillance de la source d'énergie	110
5.3 Rétablissement de l'alimentation après une défaillance.....	111
5.4 Protection de la course du bras.....	111
5.5 Inclinaison du châssis	111
5.6 Goupilles de verrouillage	111
5.7 Exigences électriques	111
5.7.1 Systèmes d'isolation	111
5.7.2 Bras isolants (y compris l'insert isolant de bras inférieur / le système d'isolation du châssis)	112
5.7.3 Flexibles et conduits hydrauliques non conducteurs/isolants.....	112
5.7.4 Outils de manutention fixes isolants.....	113
5.7.5 Câbles isolants à fibres optiques	113
5.7.6 Liaison équipotentielle	113
5.7.7 Système d'électrode d'essai inférieure.....	113
5.7.8 Effet couronne	117
5.7.9 Dispositifs de contrôle de gradient.....	117
5.7.10 Shuntage du système d'isolation du châssis	117
5.7.11 Système de mise à la terre du châssis.....	118
5.8 Exigences mécaniques particulières	118
5.8.1 Conception structurelle	118
5.8.2 Stabilité	119
5.8.3 Vitesse du vent.....	119
5.9 Vitesses de la structure extensible	119
5.10 Contrôle de la charge.....	119
5.11 Exigences relatives au système hydraulique	119
5.11.1 Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide).....	119
5.11.2 Montée en pression hydraulique	119
5.11.3 Protection du système	119
5.11.4 Neutralisation des dispositifs de sécurité	120
5.11.5 Limiteur de pression	120
5.11.6 Résistance à l'éclatement – flexibles et raccords	120
5.11.7 Indicateurs de niveau de fluide	120
5.11.8 Propreté du fluide	120

5.12	Exigences relatives aux plates-formes	121
5.12.1	Sécurité de la plate-forme.....	121
5.12.2	Mise à niveau de la plate-forme	121
5.12.3	Système de garde-corps	121
5.12.4	Nacelles	121
5.12.5	Fixations de sécurité pour le personnel (et fixation pour la protection contre les chutes)	122
5.13	Marquage	122
5.14	Instructions d'utilisation	122
5.15	Dimensions et masse.....	123
6	Essais	123
6.1	Généralités	123
6.2	Vérification visuelle et dimensionnelle.....	123
6.3	Vérification de la conception et essais fonctionnels.....	123
6.4	Durabilité des marquages	124
6.5	Essai par ressuage des bras remplis de mousse.....	124
6.6	Essais électriques.....	124
6.6.1	Généralités.....	124
6.6.2	Essais électriques pour bras isolants, outils de manutention fixes isolants et câbles à fibres optiques	125
6.6.3	Essai des nacelles isolantes ou des doubles enveloppes.....	137
6.6.4	Essai diélectrique des outils de manutention fixes isolants	138
6.7	Essais diélectriques des systèmes d'isolation des dispositifs ascenseurs complets	139
6.7.1	Généralités.....	139
6.7.2	Dispositifs ascenseurs avec système d'électrode d'essai inférieure.....	139
6.7.3	Dispositifs ascenseurs sans système d'électrode d'essai inférieure.....	143
6.8	Système d'électrode d'essai inférieure	149
6.9	Liaison équipotentielle	149
6.10	Essais mécaniques	150
6.10.1	Essais mécaniques sur le bras isolant avec ses raccords	150
6.10.2	Fluage de la <i>plate-forme</i>	150
6.10.3	Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide).....	151
6.11	Essais de conception et essais fonctionnels.....	151
7	Essais de conformité des dispositifs ascenseurs une fois la phase de production terminée	151
8	Modifications	151
Annexe A (informative) Lignes directrices relatives à la sélection des caractéristiques des dispositifs ascenseurs isolants en fonction des méthodes des travaux sous tension		152
A.1	Généralités	152
A.2	Travaux sous tension au potentiel.....	152
A.3	Outil pour ligne sous tension, travail à distance	153
A.4	Gant de travail isolant (en caoutchouc)	153
A.5	Utilisation en courant continu	154
A.6	Conseils pour les acheteurs de dispositifs ascenseurs isolants satisfaisant aux exigences du présent document non destinés à être utilisés pour les travaux sous tension.....	154
Annexe B (normative) Approprié aux travaux sous tension; double triangle IEC-60417-5216:2002-10.....		155
Annexe C (normative) Procédure générale d'essai de type		156

Annexe D (normative) Classification des défauts et essais à allouer	158
Annexe E (informative) Entretien et maintenance	160
E.1 Généralités	160
E.2 Entretien des composants isolants	160
E.2.1 Précautions pendant le transport	160
E.2.2 Entretien pendant les activités de travail.....	160
E.2.3 Stockage	161
E.3 Maintenance des composants isolants	161
E.3.1 Généralités	161
E.3.2 Nettoyage.....	161
E.3.3 Siliconage ou application de cire	162
E.4 Examen des composants isolants	162
E.4.1 Généralités	162
E.4.2 Examen avant démarrage.....	162
E.4.3 Examens fréquents et annuels des dispositifs élévateurs.....	163
E.5 Essais.....	164
E.5.1 Essais périodiques électriques	164
E.5.2 Essai mécanique – Essais d’émission acoustique	171
E.6 Enregistrements.....	171
E.7 Réparation/remise en état.....	171
E.8 Neutralisation des dispositifs de sécurité	172
E.9 Entretien, maintenance et examen périodique lorsque les dispositifs élévateurs isolants sont utilisés dans d'autres applications que les travaux sous tension	172
Annexe F (informative) Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide) (voir 5.11.1 et 6.10.3)	173
F.1 Généralités	173
F.2 Clapets antiretour en ligne	173
F.2.1 Généralités	173
F.2.2 Essais des clapets antiretour en ligne (procédure d'essai type – voir Figure F.1).....	173
F.3 Ensemble clapet antiretour atmosphérique.....	175
F.3.1 Généralités	175
F.3.2 Essais des clapets antiretour atmosphériques (procédure d'essai type – voir Figure F.2).....	176
Bibliographie.....	177
Figure 1 – Termes spécifiques	107
Figure 2 – Nomenclature.....	108
Figure 3 – Agencement de liaison équipotentielle type.....	113
Figure 4 – Contrôle du courant de fuite	116
Figure 5 – Exemple d'agencement de shuntage temporaire d'un système d'isolation du châssis	118
Figure 6 – Essai diélectrique en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Montage d'essai type.....	126
Figure 7 – Essais diélectriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Schéma d'assemblage de l'éprouvette sur les électrodes de garde.....	128
Figure 8 – Essais diélectriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Plans d'exécution des électrodes de garde et parties	130

Figure 9 – Essais diélectriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Plans d'exécution de l'électrode en laiton et pour les parties isolantes de support en fonction de l'éprouvette.....	131
Figure 10 – Détails d'agencement des électrodes	133
Figure 11 – Montage d'essai	133
Figure 12 – Essai diélectrique en courant continu avant et après immersion dans l'eau (méthode B) – Montage d'essai typique	135
Figure 13 – Préparation de l'éprouvette du câble à fibres optiques pour essai après une entaille	137
Figure 14 – Essai de la nacelle isolante ou double enveloppe.....	138
Figure 15 – Essai du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure	140
Figure 16 – Essai du système d'isolation supérieur des dispositifs sans système d'électrode d'essai inférieure installé de manière permanente	145
Figure 17 – Essai diélectrique pour insert isolant/système d'isolation du châssis	148
Figure 18 – Essai des composants à résistance électrique élevée	148
Figure E.1 – Essai en courant continu uniquement du système d'isolation supérieur des dispositifs sans système d'électrode d'essai inférieure installé de manière permanente	168
Figure E.2 – Essai en courant continu uniquement de l'insert du bras inférieur isolant ou du système d'isolation du châssis	170
Figure F.1 – Essai des clapets antiretour en ligne pour le système de protection contre le vide du bras isolant.....	174
Figure F.2 – Essai de l'ensemble clapet antiretour atmosphérique pour le système de protection contre le vide du bras isolant.....	175
Tableau 1 – Valeurs pour les essais diélectriques en courant alternatif du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure.....	141
Tableau 2 – Valeurs pour les essais diélectriques en courant continu du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure.....	142
Tableau 3 – Essai diélectrique pour les dispositifs élévateurs sans système d'électrode d'essai inférieure	146
Tableau C.1 – Liste et ordre chronologique (si exigé) des essais de type.....	156
Tableau D.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés	158
Tableau E.1 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques électriques des dispositifs élévateurs isolants avec système d'électrode d'essai inférieure pour les applications en courant alternatif	164
Tableau E.2 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques des dispositifs élévateurs isolants sans système d'électrode d'essai inférieure pour les applications en courant alternatif.....	165
Tableau E.3 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques électriques des composants isolants des dispositifs élévateurs pour les applications en courant alternatif	165
Tableau E.4 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques électriques des dispositifs élévateurs isolants à système d'électrode d'essai inférieure pour les applications en courant continu.....	166
Tableau F.1 – Formation admissible d'un vide dans les conduits hydrauliques (ajusté en fonction de l'altitude).....	176

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – DISPOSITIFS ÉLÉVATEURS ISOLANTS POUR MONTAGE SUR UN CHÂSSIS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61057 a été établie par le comité d'études 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1991, ainsi que l'IEC TS 61813:2000. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) examen général des exigences et dispositions d'essai;
- b) préparation des éléments d'évaluation des défauts et application générale de l'IEC TS 61318:2007;
- c) distinction entre les essais pour bras creux et ceux pour bras remplis de mousse;

- d) référence à l'ISO 16368 pour les essais mécaniques particuliers;
- e) de plus amples informations sur la protection contre le vide et le contrôle du courant de fuite ainsi qu'une exigence obligatoire selon laquelle les dispositifs élévateurs destinés à des travaux au potentiel doivent être équipés de manière permanente d'un système d'électrode d'essai inférieure;
- f) *contrôles* de la résistance électrique élevée;
- g) référence à SAE pour les flexibles hydrauliques isolants;
- h) inclusion de l'IEC TS 61813 concernant les précautions à prendre, l'entretien et les essais en service des élévateurs à bras isolants.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1182/FDIS	78/1183/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Les termes définis dans l'Article 3 sont en caractères italiques tout au long de la présente norme.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

Le présent document couvre les *dispositifs élévateurs isolants* utilisés à des températures comprises entre -25 °C et $+55\text{ °C}$. Lorsque les dispositifs élévateurs sont utilisés dans des conditions atmosphériques inhabituelles (par exemple, températures plus élevées ou plus faibles), d'autres considérations peuvent être appropriées et sont identifiées par le *fabricant* dans les marquages et les instructions d'utilisation.

Les produits couverts par le présent document sont principalement destinés à être utilisés pour les travaux sous tension ou pour les travaux dans la zone des travaux sous tension. Elle reconnaît qu'un utilisateur peut spécifier un produit ou des produits satisfaisant au présent document lorsqu'il existe un risque de contact accidentel avec des parties actives (parties sous tension). Dans de telles circonstances, il est rappelé aux utilisateurs que les règlements nationaux ou locaux relatifs au maintien de la Distance Minimale d'Approche par rapport aux parties actives, ou ceux issus de l'IEC 61472 doivent être appliqués. L'Annexe A du présent document donne des conseils et des informations.

Le produit couvert par le présent document peut avoir un impact sur l'environnement à certaines étapes ou toutes les étapes de son cycle de vie. Ces impacts peuvent être faibles à significatifs, à court terme ou à long terme, et avoir une portée mondiale, régionale ou locale.

Hormis une déclaration d'élimination dans les instructions d'utilisation, le présent document ne spécifie pas d'exigences et dispositions d'essai pour les *fabricants* du produit ou de recommandations à l'égard des utilisateurs du produit en termes d'amélioration environnementale. Toutes les parties intervenant dans sa conception, sa fabrication, son conditionnement, sa distribution, son utilisation, sa maintenance, sa réparation, sa réutilisation, son recyclage et son élimination sont toutefois invitées à tenir compte des considérations environnementales.

TRAVAUX SOUS TENSION – DISPOSITIFS ÉLÉVATEURS ISOLANTS POUR MONTAGE SUR UN CHÂSSIS

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux *dispositifs élévateurs isolants* destinés à être montés sur un *châssis*, utilisés pour les travaux sous tension sur les installations électriques à des tensions nominales supérieures à 1 000 V en courant alternatif en valeur efficace dans la plage comprise entre 45 Hz et 65 Hz et à 1 500 V en courant continu.

Le principal objectif d'un *dispositif élévateur* est de positionner le personnel pour son travail. D'autres dispositifs, comme des mâts de charge, peuvent être installés pour aider l'*opérateur* lors de l'exécution de son travail.

Le présent document définit également les exigences et les essais pour les parties du *châssis* influençant la performance du *dispositif élévateur isolant* utilisé pour les travaux sous tension.

Lorsqu'il est monté sur un *châssis*, le *dispositif élévateur isolant* devient un composant de la *plate-forme* élévatrice mobile de personnel (PEMP). Des exigences complémentaires pour la PEMP ainsi réalisée sont incluses dans l'ISO 16368.

NOTE 1 En Europe, l'EN 280 est souvent utilisée en lieu et place de l'ISO 16368 comme référence pour les exigences complémentaires.

Les produits conçus et fabriqués conformément au présent document contribuent à la sécurité des utilisateurs, à condition qu'ils soient utilisés par des personnes qualifiées, conformément aux bonnes méthodes de travail et aux instructions d'utilisation.

NOTE 2 Les exigences qui sont en conflit avec ou destinées à compléter l'ISO 16368 sont identifiées dans le présent document.

Le présent document ne couvre pas les grues à flèche radiale (ou excavatrices).

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

IEC 60212:2010, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 61318, *Travaux sous tension – Évaluation de la conformité applicable à l'outillage, au matériel et aux dispositifs*

IEC 62237:2003, *Travaux sous tension – Conduits flexibles isolants avec raccords utilisés avec les outils et matériels hydrauliques*

ISO 16368:2010, *Plates-formes élévatrices mobiles de personnel – Conception, calculs, exigences de sécurité et méthodes d'essai*

ISO 13850, *Sécurité des machines – Fonction d'arrêt d'urgence – Principes de conception*

SAE J343, *Test and Test Procedures for SAE 100R Series Hydraulic Hose and Hose Assemblies*

SAE J517, *Hydraulic hose*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 61318 et de l'ISO 16368 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

dispositif élévateur

dispositif élévateur isolant

tout dispositif extensible, articulé, ou les deux, comportant des composants isolants qui est principalement conçu et utilisé pour positionner du personnel à un potentiel électrique différent de celui de la terre ou près de celui-ci

Note 1 à l'article: Un *dispositif élévateur isolant* peut aussi être utilisé pour la manutention de matériaux lorsqu'il est conçu et équipé pour ce faire.

Note 2 à l'article: Un *dispositif élévateur isolant* ne comprend pas de *châssis*. Quand un dispositif élévateur est monté sur un *châssis* mobile, il devient un composant d'une *plate-forme* élévatrice mobile de personnel (PEMP).

3.2

centre de gravité du dispositif élévateur – horizontal

composante horizontale de la distance entre l'axe de rotation et le centre de gravité du dispositif élévateur en *position repliée*

VOIR: Figure 1

3.3

centre de gravité du dispositif élévateur – vertical

composante verticale de la distance au-dessus de la surface de montage du dispositif élévateur et le centre de gravité du dispositif élévateur en *position repliée*

VOIR: Figure 1

3.4

masse du dispositif élévateur

masse du dispositif élévateur standard, sans les contrepoids optionnels, sans les accessoires ni les équipements auxiliaires

3.5

travail au potentiel

travail sous tension effectué suivant une méthode dans laquelle le travailleur est mis au potentiel électrique des parties sous tension sur lesquelles le travail sous tension doit être effectué tout en étant convenablement isolé des parties environnantes de potentiels différents

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-07; modifiée – La définition a été modifiée à des fins de clarté.]

3.6

nacelle

panier

type de *plate-forme* totalement fermée qui n'a pas besoin de garde-corps ou de garde-pieds

3.7

extrémité du bras

extrémité du *bras supérieur* la plus éloignée de la *tourelle* et extrémité du *bras supérieur* à laquelle la *plate-forme* est fixée

VOIR: Figure 2

3.8

matériau friable

matériau plastique renforcé en fibres de verre ou matériau qui ne satisfait pas aux exigences relatives au *matériau ductile*

3.9

distance entre l'arrière de la cabine et l'essieu arrière du véhicule

distance entre l'arrière de la cabine et l'axe de l'*essieu arrière* du *châssis* recommandé pour monter le dispositif élévateur

VOIR: Figure 1

3.10

position du centre de rotation

distance entre l'axe de l'*essieu arrière* et l'axe de rotation de la *tourelle*

VOIR: Figure 1

3.11

châssis

base sur laquelle le *dispositif élévateur* est monté

3.12

tirant d'air ou hauteur hors tout du châssis

hauteur entre le niveau du sol et la partie supérieure du rail du cadre du *châssis*

VOIR: Figure 1

3.13

système d'isolation du châssis

ensemble des composants diélectriques installés entre le *châssis* et le bras isolant supérieur et destiné à isoler le *châssis* si la partie du *dispositif élévateur* située entre le bras isolant supérieur et ce système entre en contact avec une partie active

VOIR: Figure 2

Note 1 à l'article: Un *insert isolant de bras inférieur* est un type de *système d'isolation du châssis*.

3.14

écran conducteur anneau de garde

dispositif utilisé pour protéger le *système d'électrode d'essai inférieure* contre l'effet de couplage capacitif

3.15

commande

moyen permettant d'exécuter une fonction

3.16

décharge disruptive amorçage contournement

passage d'un arc à la suite d'un claquage

Note 1 à l'article: Le terme "amorçage" (en anglais: "sparkover") est utilisé lorsque la *décharge disruptive* se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide.

Note 2 à l'article: Le terme "contournement" (en anglais: "flashover") est utilisé lorsque la *décharge disruptive* longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un gaz ou d'un liquide isolant.

Note 3 à l'article: Le terme "perforation" (en anglais: "puncture") est utilisé lorsque la *décharge disruptive* se produit à travers un diélectrique solide.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-38]

3.17

matériau ductile

matériau qui présente un allongement minimal à la rupture de 10 % sur une longueur de référence de 51 mm d'un échantillon d'essai normalisé

3.18

articulation

structure reliant le *bras supérieur* au *bras inférieur* et leur permettant de s'articuler l'un par rapport à l'autre

VOIR: Figure 2

3.19

axe d'articulation

axe horizontal autour duquel le *bras supérieur* s'articule par rapport au *bras inférieur*

VOIR: Figure 2

3.20

dispositif élévateur à bras extensible

dispositif élévateur sur lequel la longueur du *bras supérieur* peut être adaptée dans des limites prédéterminées

EXEMPLE bras télescopique

3.21

outil de manutention fixe

outil qui est monté mécaniquement sur l'*extrémité du bras* ou la *plate-forme*

EXEMPLE *mât de charge*, élévateur progressif

3.22**personne dûment formée et qualifiée**

personne ayant les connaissances théoriques et pratiques, les compétences et l'expérience adéquates pour lui permettre de réaliser la tâche exigée, d'analyser les résultats et de déterminer si l'équipement peut être utilisé en toute sécurité, ainsi que de rapporter l'importance de tout défaut en ce qui a trait à la sécurité et au maintien en service de l'équipement

3.23**dépassement avant**

distance maximale entre toute pièce du *dispositif élévateur* située à l'avant et le pare-chocs avant

VOIR: Figure 1

3.24**porte-à-faux avant**

distance maximale entre toute pièce du *dispositif élévateur* située à l'avant et l'axe de l'essieu avant, le *dispositif élévateur* étant en position route

VOIR: Figure 1

3.25**dispositif de contrôle de gradient****anneau de garde**

dispositif situé à l'extrémité supérieure d'un *bras isolant* qui réduit les niveaux de contraintes électriques au-dessous de ceux considérés comme disruptifs

3.26**système de garde-corps**

système de barrières destiné à protéger le personnel contre les chutes vers des niveaux inférieurs

3.27**travail à distance**

travail sous tension effectué suivant une méthode dans laquelle le travailleur reste à une distance spécifiée des parties sous tension et intervient au moyen de perches isolantes

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-05]

3.28**déport horizontal**

distance maximale atteinte entre l'axe de la *tourelle* en rotation et le bord extérieur de la *plate-forme*

VOIR: Figure 1

3.29**instabilité**

état d'une PEMP dans lequel la somme des moments ayant tendance à retourner la PEMP est égale ou supérieure à la somme des moments ayant tendance à résister au retournement

3.30**bras isolant**

composant isolant de la structure extensible dénommée *bras supérieur* et, le cas échéant, insert du bras inférieur

Note 1 à l'article: L'ISO 16368 définit *structure extensible*.

3.31

travail au contact

travail sous tension effectué suivant une méthode dans laquelle le travailleur est en contact direct avec une partie sous tension et protégé électriquement par des gants isolants électriques

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-06]

3.32

intervalle d'isolement

<bras supérieur> longueur minimale du système d'isolation supérieur considérée comme la plus courte distance dans n'importe quelle position de bras entre les composants conducteurs à chaque extrémité

VOIR: Figure 1

3.33

intervalle d'isolement

<bras inférieur> longueur minimale du *système d'isolation du châssis*

VOIR: Figure 1

3.34

mât de charge

bras auxiliaire à l'*extrémité du bras supérieur* destiné à la manutention des charges supplémentaires

VOIR: Figure 2

3.35

double enveloppe

insert placé à l'intérieur de la *plate-forme*

VOIR: Figure 2

Note 1 à l'article: La *double enveloppe* peut être isolante ou conductrice.

3.36

bras inférieur

élément structurel fixé à une *tourelle* ou base, qui supporte le *bras supérieur*

VOIR: Figure 2

3.37

vérin du bras inférieur

vérin hydraulique qui articule le *bras inférieur*

VOIR: Figure 2

3.38

insert de bras inférieur

insert isolant de bras inférieur

partie du *bras inférieur* faite dans un matériau de rigidité diélectrique élevée

Note 1 à l'article: Le matériau est généralement du plastique renforcé de fibres de verre ou un matériau équivalent.

3.39

axe du bras inférieur

axe horizontal autour duquel le *bras inférieur* est levé ou abaissé par rapport à la *tourelle*

VOIR: Figure 2

3.40 **système d'électrode d'essai inférieure**

composants installés sur le dispositif élévateur qui permettent de surveiller le courant à travers la section isolante

VOIR: Figure 5c

3.41 **course haute du bras inférieur**

angle maximal atteint par le *bras inférieur*, mesuré au-dessus de l'axe horizontal traversant l'axe du *bras inférieur*

VOIR: Figure 1

3.42 **course basse du bras inférieur**

angle maximal atteint par le *bras inférieur*, mesuré au-dessous de l'axe horizontal traversant l'axe du *bras inférieur*

VOIR: Figure 1

3.43 **commande au sol**

commande montée sur le *châssis* (véhicule, *tourelle* ou *tourelle basse*) conçue pour les fonctions de mouvement du dispositif élévateur et pour d'autres fonctions

VOIR: Figure 2

Note 1 à l'article: "Autres fonctions" comprend les vérifications opérationnelles, les essais ou le sauvetage d'urgence de l'*opérateur* ou des *opérateurs*).

3.44 **fabricant**

personne ou entité entièrement responsable de la conception, la spécification, la fabrication, l'assemblage et l'essai du *dispositif élévateur*

3.45 **modèle**

désignation du *fabricant* pour le *dispositif élévateur* spécifié

3.46 **opérateur**

personne formée, autorisée et impliquée dans la manœuvre du *dispositif élévateur*

3.47 **stabilisateur**

élément structurel qui, lorsqu'il est correctement déployé sur un sol ferme, sert à stabiliser la PEMP

VOIR: Figure 2

3.48 **commande de stabilisateur**

commande manœuvrant le ou les *stabilisateurs*

VOIR: Figure 2

3.49

hauteur des stabilisateurs

distance entre le niveau du sol et la partie inférieure des *stabilisateurs* repliés

VOIR: Figure 1

3.50

course des stabilisateurs

distance en dessous du niveau du sol que les *stabilisateurs* peuvent atteindre lorsqu'ils sont totalement déployés

VOIR: Figure 1

3.51

empatement des stabilisateurs

distance entre les bords extérieurs (pour les patins fixes), ou entre les axes (pour les patins pivotants), de *stabilisateurs* opposés en appui sur le sol

VOIR: Figure 1

3.52

empatement des stabilisateurs

distance entre les bords extérieurs (pour les patins fixes), ou entre les axes (pour les patins pivotants), de *stabilisateurs* opposés lorsqu'ils sont totalement déployés

VOIR: Figure 1

3.53

longueur hors tout

distance maximale de toute partie du dispositif élévateur ou du *châssis* entre l'avant et l'arrière en *position repliée*

VOIR: Figure 1

3.54

neutralisation

moyen permettant de désactiver ou de contourner la commande normale et les dispositifs de sécurité à des fins de manœuvre d'urgence, d'entretien ou d'essai

3.55

tourelle basse

base stationnaire du *dispositif élévateur* qui supporte la *tourelle*

VOIR: Figure 2

3.56

plate-forme

composant d'un *dispositif élévateur* (par exemple, *nacelle*, support ou équivalent) qui transporte le personnel et les outils

VOIR: Figure 2

3.57

capacité de la plate-forme

composante de la *capacité de charge assignée* comprenant la masse du personnel et tous les équipements transportés sur ou dans la *plate-forme* (par exemple, *double enveloppe*, outils, équipements, etc.)

3.58**axe de la plate-forme**

axe autour duquel la *plate-forme* se déplace par rapport au *bras supérieur*

VOIR: Figure 2

3.59**capacité de charge assignée**

charge verticale maximale qui peut être soulevée par le dispositif élévateur dans la plage spécifiée d'élévation et de déploiement du bras avec les options installées et en tenant compte des exigences de stabilité

Note 1 à l'article: La capacité de charge assignée est généralement définie comme étant la capacité de la plate-forme + la capacité supplémentaire.

3.60**hauteur de plate-forme assignée de la PEMP**

distance nominale lorsque le déploiement est maximal entre le bas de la *plate-forme* et le sol, lorsque la PEMP est montée à une hauteur de *châssis* de référence de 1 m

VOIR: Figure 1

3.61**tension assignée du dispositif élévateur** U_r

tension d'utilisation maximale du *dispositif élévateur*

Note 1 à l'article: En courant alternatif, la tension assignée correspond à la tension efficace maximale entre phases d'un réseau triphasé.

Note 2 à l'article: En courant continu, la tension assignée correspond à la tension maximale entre le pôle positif et le pôle négatif d'un réseau.

3.62**axe de l'essieu arrière**

point résultant qui donne un moment équivalent à un, deux, trois ou plus, essieux arrière

VOIR: Figure 1

3.63**porte-à-faux arrière**

distance maximale entre toute pièce du *dispositif élévateur* située à l'arrière et l'*axe de l'essieu arrière*, le *dispositif élévateur* étant en position route

VOIR: Figure 1

3.64**dépassement arrière**

distance maximale entre toute partie du *dispositif élévateur* située à l'arrière et le pare-chocs arrière

VOIR: Figure 1

3.65**stabilisateur****vérin****dispositif de blocage de suspension****essieu extensible****barre de torsion**

tout dispositif ou système conçu pour assurer la stabilité des PEMP, qui supporte et/ou met à niveau l'ensemble de la PEMP ou la structure extensible

VOIR: Figure 2

[SOURCE: ISO 16368:2010, définition 3.33]

3.66

position repliée

configuration telle que définie par le *fabricant* dans laquelle la PEMP est positionnée pour la route

3.67

capacité supplémentaire

composante de la *capacité de charge assignée* qui peut être fixée directement sur le ou les bras ou sur les fixations de transport de charge sur le *dispositif élévateur*

3.68

hauteur "route"

hauteur totale entre le niveau du sol et le point le plus haut sur le *dispositif élévateur* lorsque la PEMP est en *position repliée*

VOIR: Figure 1

3.69

tourelle

base rotative du *dispositif élévateur* qui supporte les bras

VOIR: Figure 2

3.70

rotation de la tourelle orientation de la tourelle

plage de rotation de la *tourelle*, dans n'importe quelle direction, exprimée en continu ou non continu, spécifiée en degrés angulaires

VOIR: Figure 1

3.71

bras supérieur

élément structurel isolant primaire fixé au *bras inférieur*, ou à une structure extensible et qui supporte la *plate-forme*

VOIR: Figure 2

3.72

vérin du bras supérieur

vérin hydraulique qui articule le *bras supérieur*

VOIR: Figure 2

3.73

mécanisme de manœuvre du bras supérieur

moyens, tels que bielles, câbles, poulies ou engrenages, utilisés pour produire l'articulation du *bras supérieur*

VOIR: Figure 2

3.74

course haute du bras supérieur

angle maximal atteint par le *bras supérieur*, mesuré au-dessus d'un axe horizontal traversant l'*axe d'articulation*, celui-ci étant à sa hauteur maximale

VOIR: Figure 1

3.75

course basse du bras supérieur

angle maximal atteint par le *bras supérieur*, mesuré au-dessous d'un axe horizontal traversant l'axe d'articulation, celui-ci étant à sa hauteur maximale

VOIR: Figure 1

3.76

commande (de plate-forme) supérieure

commande située à l'intérieur ou à côté de la *plate-forme*, et conçue pour les fonctions opérationnelles du *dispositif élévateur* et les autres fonctions

VOIR: Figure 2

Note 1 à l'article: Les autres fonctions incluent la *commande* du *mât de charge* et du treuil.

Note 2 à l'article: Il peut y avoir une ou plusieurs *commandes*, chacune exécutant différentes fonctions.

3.77

empattement

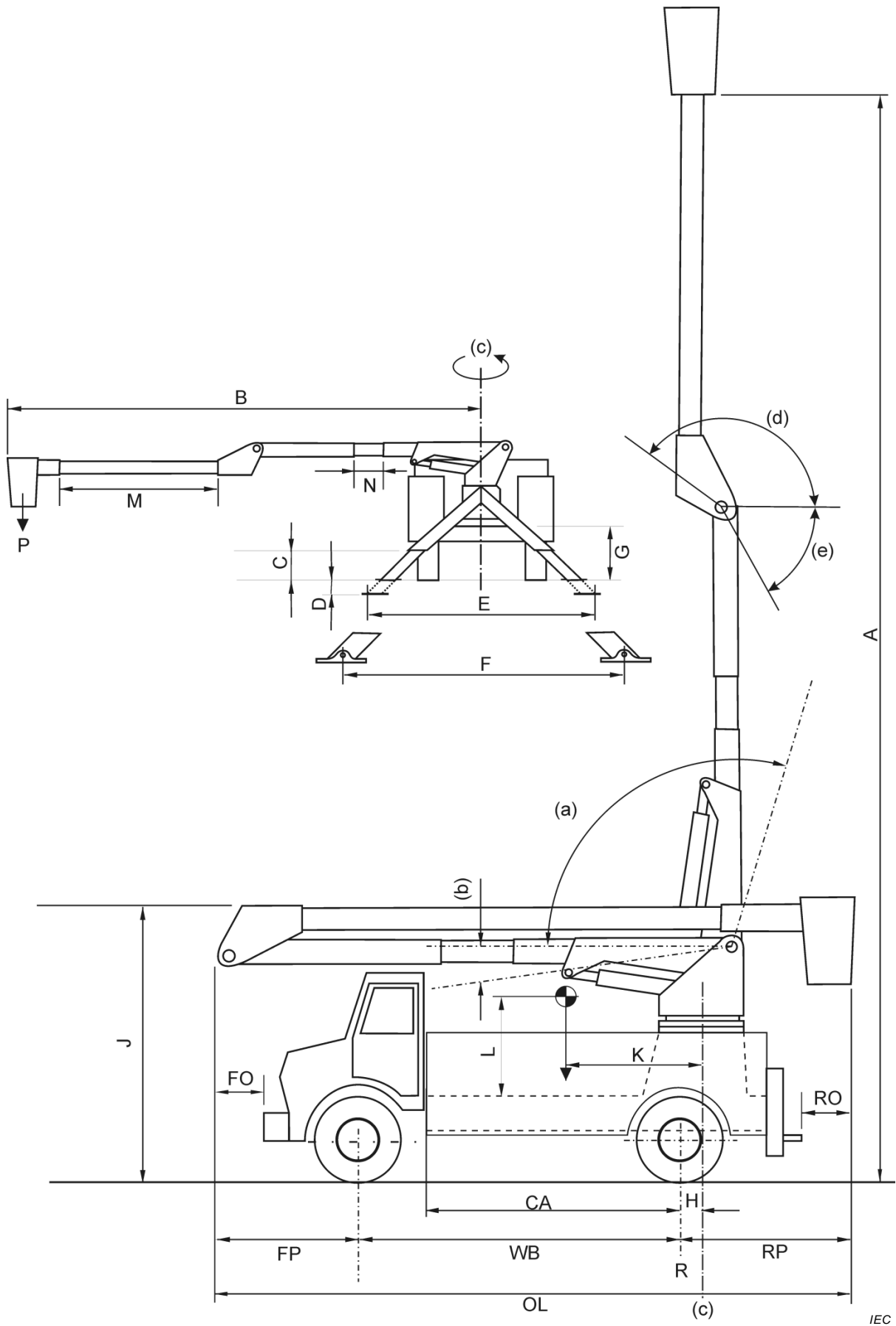
distance entre les *axes des essieux avant et arrière* du *châssis*

VOIR: Figure 1

4 Termes spécifiques et nomenclature

À des fins de clarté et pour éviter toute confusion possible entre les *fabricants* et les utilisateurs, les Figures 1 et 2 identifient les termes normalisés à utiliser lors de la conception, de la spécification et du marquage des *dispositifs élévateurs* avec des *bras isolants* pour les travaux sous tension.

L'Article 3 définit ces termes normalisés.

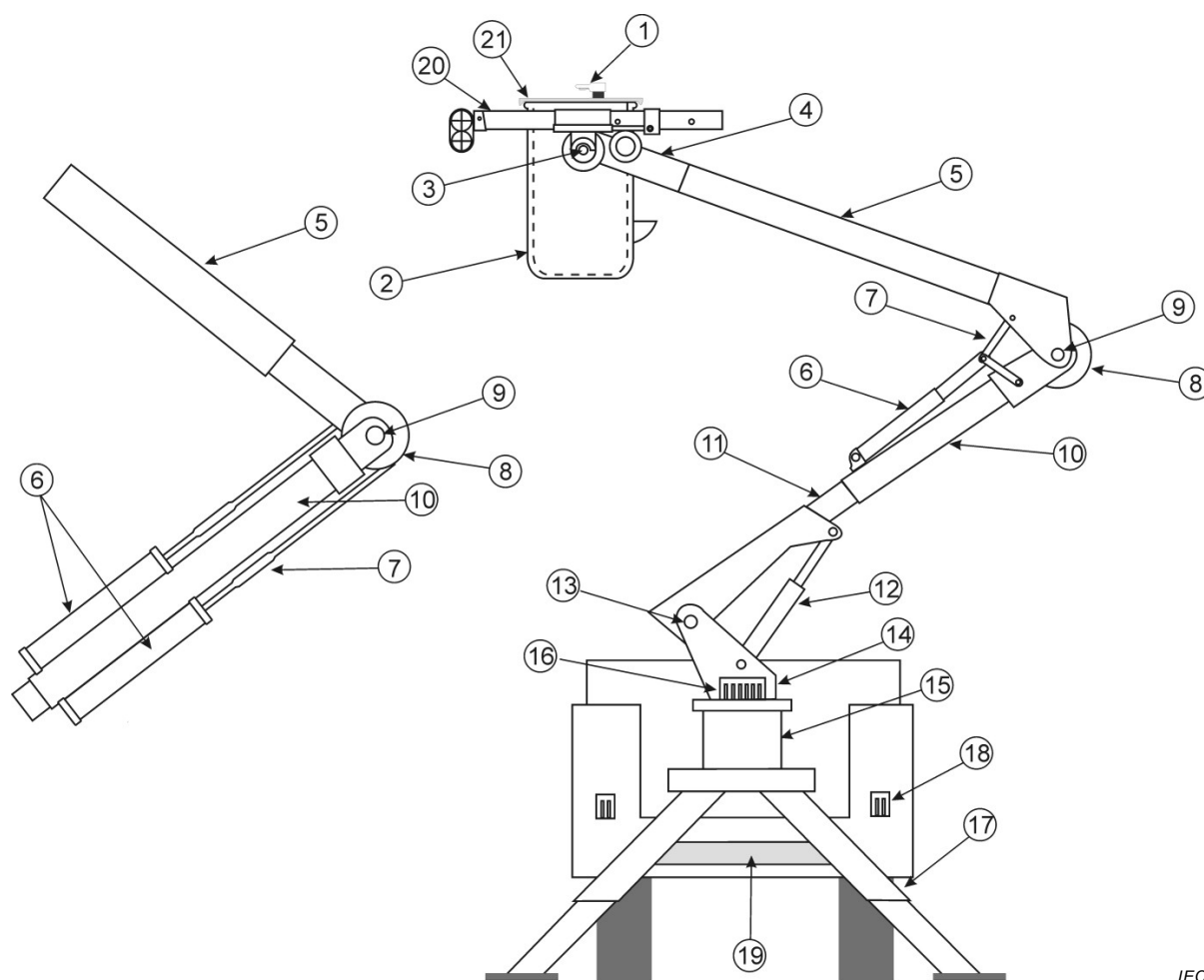


Légende

A	hauteur de plate-forme assignée (de la PEMP)	M	intervalle d'isolement (bras supérieur) ^a
B	déport horizontal	N	intervalle d'isolement (bras inférieur) ^a
C	hauteur des stabilisateurs	OL	longueur hors tout
CA	distance entre l'arrière de la cabine et l'essieu arrière du véhicule	P	capacité assignée
D	course des stabilisateurs (course négative)	R	axe des essieux arrière
E	empattement des stabilisateurs (au niveau du sol)	RO	dépassement arrière
F	empattement des stabilisateurs (déploiement maximal)	RP	porte-à-faux arrière
FO	dépassement avant	WB	empattement
FP	porte-à-faux avant	(a)	course haute du bras inférieur
G	hauteur hors tout du châssis	(b)	course basse du bras inférieur
H	position du centre de rotation	(c)	centre de rotation de la tourelle
J	hauteur "route" (position repliée) de la PEMP	(d)	course haute du bras supérieur
K	centre de gravité du dispositif élévateur (horizontal)	(e)	course basse du bras supérieur
L	centre de gravité du dispositif élévateur (vertical)		

Les intervalles d'isolation minimale ne sont pas déterminés par des matériaux isolants accessibles. Les composants conducteurs internes peuvent déterminer ces mesurages (voir 3.32 et 3.33).

Figure 1 – Termes spécifiques



IEC

Légende

1 commandes de plate-forme supérieures	8 articulation	15 tourelle basse
2 plate-forme	9 axe d'articulation	16 commandes au sol
3 axe de plate-forme	10 bras inférieur	17 stabilisateur
4 extrémité du bras	11 insert du bras inférieur	18 commandes des stabilisateurs
5 bras supérieur	12 vérin du bras inférieur	19 stabilisateur
6 vérin du bras supérieur	13 axe du bras inférieur	20 mât de charge
7 mécanisme de manœuvre du bras supérieur	14 tourelle	21 double enveloppe

Figure 2 – Nomenclature

5 Exigences

5.1 Commandes

5.1.1 Activation et manœuvre

Pour les besoins du présent document, les exigences correspondantes de l'ISO 16368 ne s'appliquent pas. L'activation et la manœuvre des *commandes* des dispositifs couverts par le présent document doivent satisfaire aux exigences suivantes.

Les *dispositifs élévateurs* doivent être équipés de *commandes* de sorte que toutes les fonctions ne puissent être réalisées que lorsque la *commande* correspondante est actionnée.

Afin d'empêcher toute manœuvre intempestive ou non intentionnelle, les *commandes* de positionnement du *bras supérieur* doivent exiger l'utilisation d'un dispositif de désactivation ou de verrouillage qui doit être engagé avant de manœuvrer la *commande* elle-même et qui doit être maintenu en continu pendant l'utilisation de la *commande*. Le dispositif d'activation ou de verrouillage et la *commande* doivent retourner en position verrouillée ou neutre lorsqu'il est relâché par l'*opérateur*.

En fonction du modèle et du type de dispositif élévateur et de l'agencement du tableau de *commande*, les *commandes* peuvent se déplacer dans une direction qui correspond logiquement à la fonction de mouvement qu'elles *commandent*, en admettant que ce ne soit pas toujours possible dans toutes les configurations de conception.

Les systèmes de *commandes* doivent tenir compte des effets de champ associés à la manœuvre dans un environnement de travail sous tension, notamment ceux associés au raccordement des plates-formes lors de l'exécution de *travaux au potentiel*.

Les *commandes* doivent être positionnées pour éviter tout danger pour l'*opérateur* provenant des pièces mobiles de l'unité.

Les *commandes* doivent être clairement marquées pour identifier leur fonction et protégées contre les dommages.

5.1.2 Doubles commandes

Pour les besoins du présent document, les exigences correspondantes de l'ISO 16368 ne s'appliquent pas. Les doubles *commandes* des dispositifs couverts par le présent document doivent satisfaire aux exigences suivantes.

Les dispositifs élévateurs doivent comporter au minimum deux jeux de *commandes*. Un jeu de *commandes* (*commandes supérieures*) doit être situé à l'intérieur ou à côté de la *plate-forme* et être facilement accessible pour l'*opérateur*. Les *commandes* des *dispositifs élévateurs* à deux *plates-formes* doivent être positionnées de manière à être manœuvrées avec une aisance relative depuis l'une ou l'autre *plate-forme* et sans devoir retirer un dispositif de protection contre les chutes qu'un *opérateur* peut porter.

NOTE Une distance de 0,8 m entre la *plate-forme* secondaire et tout dispositif de commande est considérée comme étant adéquate pour une "aisance relative".

Un jeu en double de *commandes* (*commandes au sol*) doit être fourni et positionné de manière à empêcher qu'un *opérateur* des *commandes au sol* se trouve dans le chemin électrique entre le *dispositif élévateur* et le sol.

Un sélecteur entre les *commandes* supérieures et *au sol* doit être fourni au niveau du poste de *commande au sol*. Lorsqu'elles sont en position de *commande au sol*, les *commandes au sol* doivent *neutraliser* les *commandes supérieures* de toutes les fonctions motorisées de la structure extensible et du treuil (si installé) à l'exception de la *commande* des *mâts de charge* et autres fonctions de positionnement autres que des bras.

Une *commande* au niveau de la *plate-forme* qui est activée, ne doit pas empêcher la sélection et manœuvre normale des *commandes au sol*, à moins que le système de *commande* ne soit défectueux.

Si le mouvement peut être contrôlé à partir des postes de *commande* supplémentaires, la *commande* doit pouvoir être actionnée à partir d'un seul poste de *commande* présélectionné. Les *commandes au sol* doivent *neutraliser* toutes les *commandes* supplémentaires.

5.1.3 Arrêt d'urgence

Pour les besoins du présent document, les exigences correspondantes de l'ISO 16368 ne s'appliquent pas. L'arrêt d'urgence des dispositifs couverts par le présent document doit satisfaire aux exigences suivantes.

Chaque poste de *commande* doit être équipé d'un dispositif d'arrêt d'urgence de toutes les fonctions, conformément à l'ISO 13850. La fonction ne doit pas exiger d'action continue pour une condition d'arrêt. Elle doit être marquée de manière permanente pour identifier sa fonction.

Au niveau des *commandes au sol*, la *commande de neutralisation* peut être utilisée comme arrêt d'urgence. Dans ce cas, elle doit exécuter sa fonction conformément à l'alinéa ci-dessus.

5.1.4 Commande des stabilisateurs

Pour les besoins du présent document, les exigences correspondantes de l'ISO 16368 ne s'appliquent pas. La ou les *commandes des stabilisateurs* doivent satisfaire aux exigences suivantes.

La ou les *commandes* doivent être positionnées de sorte que l'*opérateur* ait une vision parfaitement dégagée des mouvements des *stabilisateurs*.

La ou les *commandes* doivent être protégées contre toute activation intempestive. Un sélecteur ou autre moyen est autorisé.

Le système doit être conçu de manière à éviter:

- toute manœuvre simultanée des *stabilisateurs* et du *dispositif élévateur*;
- tout repli des *stabilisateurs* à moins que le *dispositif élévateur* soit en *position repliée*;
- toute manœuvre du *dispositif élévateur* à moins que les *stabilisateurs* soient déployés (sauf si le *dispositif élévateur* a été conçu et soumis à l'essai pour une utilisation à l'intérieur d'une enveloppe de travail restreinte sans utilisation de *stabilisateurs*).

La *neutralisation* de ces fonctions peut être prévue. Lorsqu'elle existe, le mode de manœuvre *neutralisation* doit être automatiquement désactivé.

5.1.5 Contrôle des radiocommandes et des commandes à fibres optiques

Un processus doit être fourni en cas de radiocommandes ou de *commandes* à fibres optiques pour vérifier la communication entre l'émetteur et le récepteur.

5.1.6 Système(s) de commandes supérieures à résistance électrique élevée

Aucune exigence ne s'applique au *dispositif élévateur* concernant l'équipement d'un ou de plusieurs systèmes de *commandes* supérieures à résistance électrique élevée. Ces systèmes peuvent réduire les dangers de contact électrique au niveau de la *plate-forme*. Ils ne font pas partie du système d'isolation primaire et sont exclus lors de la détermination de la *tension assignée* du *dispositif élévateur*. Lorsqu'il est défini comme un système à résistance électrique élevée, il doit être soumis à des essais électriques pour confirmer ses performances (voir 6.7.3.2 pour la méthode d'essai).

5.2 Défaillance de la source d'énergie

Tout mouvement doit cesser en cas de défaillance de la source d'énergie. Au démarrage, ou au rétablissement de l'alimentation après une défaillance de la source d'énergie, aucun mouvement ne doit avoir lieu à moins qu'il ne s'agisse d'une action délibérée de l'*opérateur*.

5.3 Rétablissement de l'alimentation après une défaillance

Un système de *neutralisation* doit être installé (par exemple, pompe manuelle, unité d'alimentation secondaire, etc.) dans une position facilement accessible, afin de garantir qu'en cas de défaillance de l'alimentation principale ou d'incapacité de l'*opérateur*, la *plate-forme* de travail puisse être remise dans une position permettant de la quitter sans danger, en tenant compte du besoin de la manœuvrer sans obstacles.

5.4 Protection de la course du bras

Un moyen doit être fourni pour éviter d'endommager le ou les bras et le ou les *plates-formes* de travail en *position repliée*, en raison des vibrations générées pendant la course (voir 4.4.6 de l'ISO 16368:2010).

5.5 Inclinaison du châssis

Pour les besoins du présent document, les exigences de 4.3.2 de l'ISO 16368:2010 s'appliquent, hormis les exigences relatives aux PEMP de type 2 et de type 3 définies dans l'ISO 16368:2010.

Un dispositif doit être fourni pour indiquer si l'inclinaison du *châssis* est dans les limites autorisées par le *fabricant*. Ce dispositif doit être protégé contre les dommages et modifications accidentelles de réglages.

Pour les *dispositifs élévateurs* avec des *stabilisateurs* destinés à assurer la mise à niveau, une indication de l'inclinaison du *châssis* (fournie, par exemple, par un inclinomètre) doit être clairement visible à partir de chaque position de *commande* des *stabilisateurs*.

5.6 Goupilles de verrouillage

Pour les besoins du présent document, les exigences correspondantes de l'ISO 16368:2010 ne s'appliquent pas dans leur intégralité.

Les goupilles de verrouillage doivent être protégées contre tout désengagement intempestif et toute perte.

5.7 Exigences électriques

5.7.1 Systèmes d'isolation

Tous les composants traversant les sections isolantes du *dispositif élévateur* doivent avoir des caractéristiques d'isolation électriques compatibles avec la tension assignée du bras prévue lors de sa conception, et, le cas échéant, avec le *système d'isolation du châssis*.

NOTE L'utilisation de tubes et tiges isolants satisfaisant à l'IEC 60855-1 ou à l'IEC 61235 dans la conception de tels composants contribue à satisfaire à cette exigence.

Le système d'isolation doit maintenir les caractéristiques d'isolation électriques dans toutes les configurations de bras de travail comme défini par le *fabricant*.

Tous les composants du système d'isolation doivent être conçus pour prévenir toute humidité et empêcher les contaminants d'être piégés (ou confinés) dans une section isolante.

Les limites des sections isolantes doivent être marquées sur la surface externe et être clairement visibles pour l'*opérateur*. Les sections des dispositifs élévateurs marquées comme isolantes doivent être exemptes de composants conducteurs externes et internes.

5.7.2 Bras isolants (y compris l'insert isolant de bras inférieur / le système d'isolation du châssis)

5.7.2.1 Matériaux isolants

Les matériaux isolants utilisés pour fabriquer les bras isolants, et, le cas échéant, l'*insert isolant de bras inférieur*, doivent satisfaire aux exigences du présent document.

5.7.2.2 Bras creux ouverts

Les bras creux ouverts doivent être construits de manière à permettre le nettoyage, le séchage et l'examen de l'intérieur.

NOTE Un endoscope ou tout autre système de visualisation peut être utilisé pour le contrôle interne du bras.

5.7.2.3 Bras creux scellés

Les bras creux scellés doivent être équipés d'un système permettant d'éviter l'accumulation de poussière et d'humidité.

NOTE Un bras rempli de gaz inerte constitue un exemple de bras creux scellé. Dans ce cas, la différence de pression entre le gaz et l'atmosphère est mesurée en permanence afin de s'assurer de l'efficacité de l'étanchéité.

5.7.2.4 Bras remplis de mousse

Le cas échéant, les bras remplis de mousse doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 60855-1.

Le dispositif de remplissage de mousse doit être relié à la paroi du bras. Il doit être exempt de vides, de séparations, de fissures ou d'autres défauts.

5.7.3 Flexibles et conduits hydrauliques non conducteurs/isolants

Les flexibles non-conducteurs/isolants doivent satisfaire aux essais et procédures d'essai spécifiés dans le document SAE J343 et aux spécifications générales, dimensionnelles et de performance du document SAE J517 pour les flexibles 100R7 et/ou les flexibles 100R8.

Les flexibles non-conducteurs/isolants qui sont installés à l'extérieur du bras et shuntent une section isolante doivent, à la demande d'un utilisateur, satisfaire aux exigences de performance supplémentaires conformément aux documents SAE J343 et SAE J517 pour les flexibles 100R7 et/ou pour les flexibles 100R8. Ils doivent de plus être soumis à un essai diélectrique supplémentaire spécifié en 5.3.1.2 et 5.3.1.3 de l'IEC 62237:2003 et à un essai supplémentaire après entaille, comme spécifié en 5.3.1.4 de l'IEC 62237:2003.

La surface externe des flexibles non conducteurs/isolants doit indiquer clairement qu'il s'agit de flexibles non-conducteurs ou isolants.

Le fluide utilisé dans les flexibles et conduits doit avoir des caractéristiques électriques qui ne réduisent pas l'intégrité électrique du système d'isolation.

Les conduits pneumatiques non conducteurs/isolants doivent avoir des caractéristiques électriques équivalentes à celles des flexibles hydrauliques non-conducteurs/isolants.

Le *fabricant* doit indiquer aux utilisateurs la ou les normes auxquelles les flexibles satisfont en termes de performance diélectrique.

5.7.4 Outils de manutention fixes isolants

L'*extrémité du bras*, les *mâts de charge* et/ou autres outils de manutention utilisés pour la manutention des conducteurs et appareils sous tension, doivent avoir la tension assignée correspondant à la tension appropriée de la ligne, pour isoler l'*extrémité du bras*.

Les *outils de manutention fixes* isolants doivent être marqués conformément à leur utilisation.

NOTE L'utilisation de tubes isolants et de tiges satisfaisant à l'IEC 60855-1 ou à l'IEC 61235 dans la conception des *mâts de charge* contribue à satisfaire à cette exigence.

5.7.5 Câbles isolants à fibres optiques

Les câbles à fibres optiques doivent avoir des caractéristiques électriques équivalentes à celles des flexibles hydrauliques isolants.

Les câbles à fibres optiques qui font partie du système d'isolation doivent être isolants et soumis à l'essai conformément à 6.6.2.4.2.

Lorsque les câbles à fibres optiques sont installés à l'extérieur du bras et dans un intervalle d'isolement, ils doivent également être soumis à l'essai conformément à 6.6.2.4.3.

5.7.6 Liaison équipotentielle

Les dispositifs élévateurs conçus pour les *travaux au potentiel* (voir Annexe A) doivent avoir une liaison équipotentielle de tous les composants conducteurs à l'extrémité de la *plate-forme* (voir la Figure 3).

Les composants conducteurs peuvent comprendre le matériel monté sur la *plate-forme*, l'ensemble des *commandes*, les clapets de *commande*, les raccords d'outil, le coupe-circuit moteur, le *dispositif de contrôle de gradient*, la double enveloppe conductrice, etc.

Le *fabricant* doit identifier, dans les instructions d'utilisation, les points de liaison de l'*extrémité du bras* à utiliser pour les essais et, si le *dispositif élévateur* doit être utilisé pour les travaux au potentiel, les points de liaison de l'*extrémité du bras* à employer.

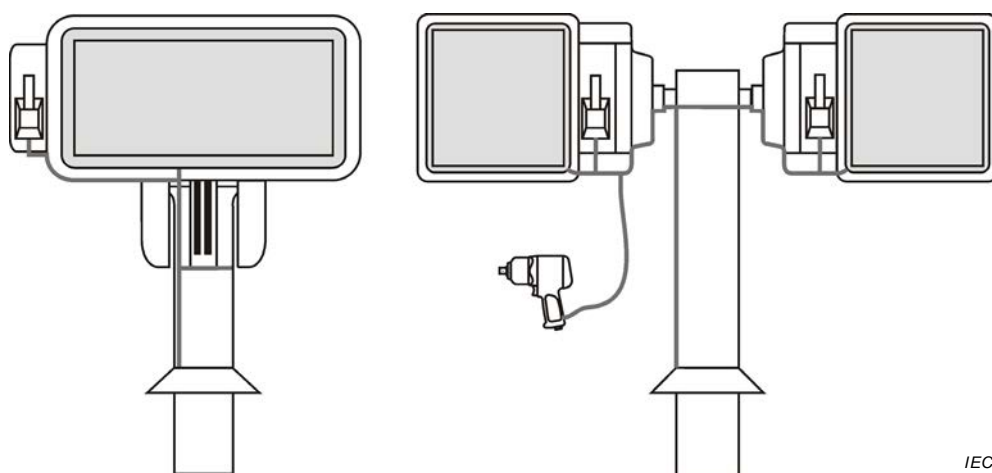
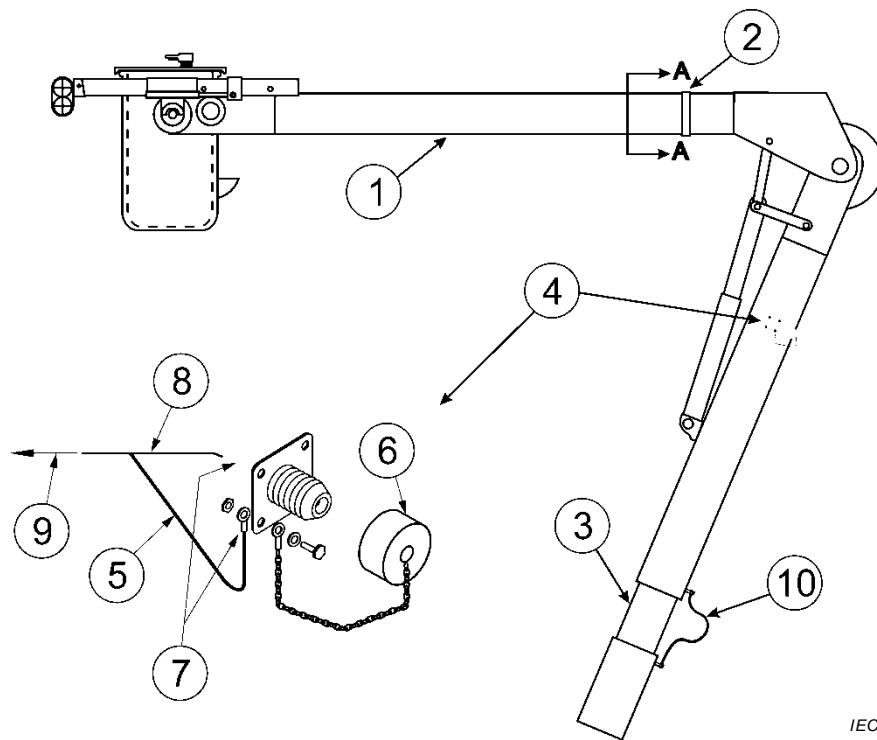


Figure 3 – Agencement de liaison équipotentielle type

5.7.7 Système d'électrode d'essai inférieure

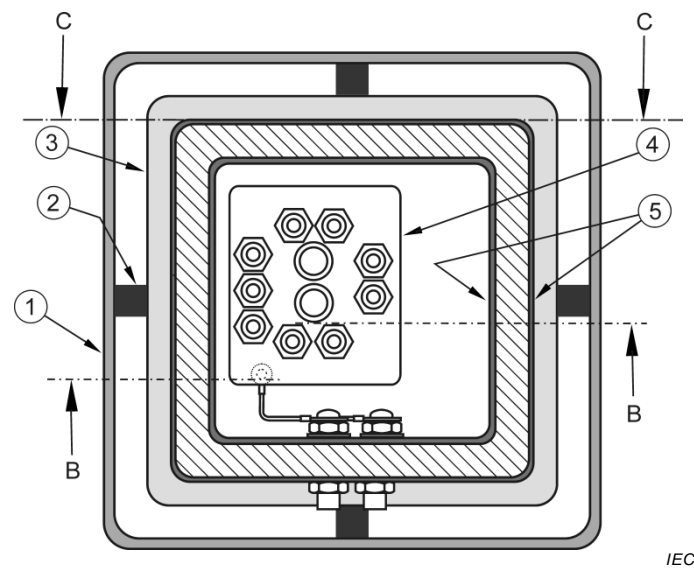
Les *dispositifs élévateurs* conçus pour les *travaux au potentiel* doivent être équipés d'un *système d'électrode d'essai inférieure* installé en permanence. La Figure 4 donne un exemple de *système d'électrode d'essai inférieure*.



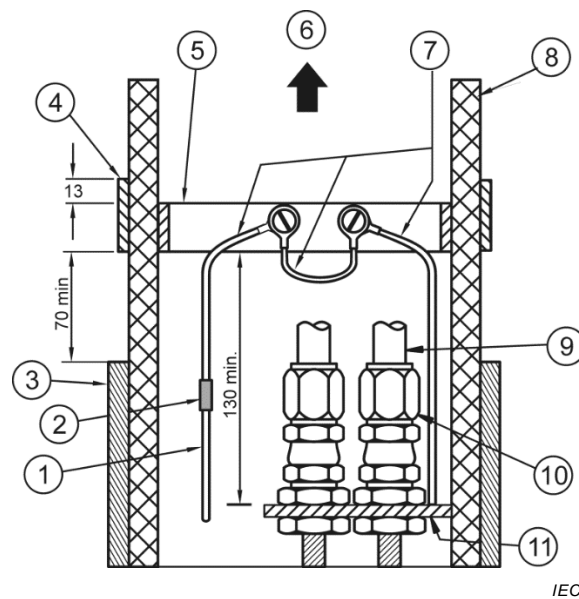
Légende

- | | |
|--|--|
| 1 bras supérieur | 6 cache résistant aux intempéries |
| 2 bande de contrôle de courant de fuite | 7 soudure |
| 3 insert isolant | 8 câble à conducteur isolé ou multiconducteur (interrupteur multiposition exigé) |
| 4 prise du mesureur – mise en court-circuit lorsqu'elle n'est pas utilisée | 9 vers la bande de contrôle |
| 5 écran métallique raccordé entre la prise du mesureur et le bras métallique | 10 shunt |

Figure 4a – Système d'électrode d'essai inférieure type (écran conducteur omis)

**Légende**

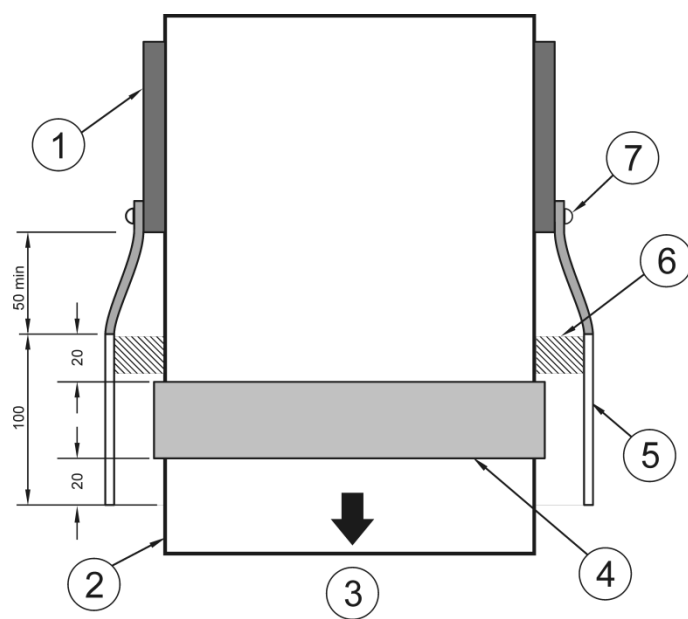
- | | | |
|-------------------------------|--|--|
| 1 écran conducteur | 3 bras (métallique) conducteur | 5 bandes de contrôle de courant de fuite |
| 2 blocs isolants en plastique | 4 cloison métallique de flexible hydraulique | |

Figure 4b – Section AA de la Figure 4a – Schéma d'interconnexion*Dimensions en millimètres***Légende**

- | | |
|--|--|
| 1 câble coaxial de la prise | 7 câbles isolés |
| 2 écran métallique replié à environ 50 mm de la borne et extrémité exposée isolée de l'écran | 8 bras isolant |
| 3 bras (métallique) conducteur | 9 flexibles hydrauliques |
| 4 bande de contrôle de courant de fuite extérieure avec bord d'attaque plus proche de l'extrémité du bras qu'à l'intérieur | 10 raccords de cloison |
| 5 bande de contrôle de courant de fuite intérieure | 11 cloison métallique de flexible hydraulique à isoler électriquement de la partie métallique du bras les flexibles hydrauliques connectés au côté non isolant de la cloison doivent être non conducteurs et avoir une longueur minimale de 150 mm |
| 6 vers la plate-forme | |

Figure 4c – Section BB de la Figure 4b – Détails de l'ensemble électrode d'essai inférieure (écran conducteur et blocs en plastique omis)

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- | | |
|--|--------------------|
| 1 bras (métallique) conducteur | 5 écran conducteur |
| 2 bras isolant | 6 blocs isolants |
| 3 vers la plate-forme | 7 fixations |
| 4 bande de contrôle de courant de fuite extérieure avec bord d'attaque plus proche de l'extrémité du bras qu'à l'intérieur | |

Figure 4d – Section CC de la Figure 4b – Exemple d'écran conducteur

Figure 4 – Contrôle du courant de fuite

Les *dispositifs élévateurs* qui sont équipés d'un système de mesure et de contrôle du courant de fuite doivent comporter des bandes conductrices installées en permanence, une à l'intérieur et une sur les surfaces extérieures de la partie isolante du *bras supérieur* à des fins de mesure et de contrôle du courant de fuite.

Les bandes de contrôle de courant de fuite conductrices doivent être au minimum à 70 mm de la partie métallique de l'extrémité inférieure du *bras supérieur* isolant. La distance entre la bande de contrôle de courant de fuite intérieure et la cloison du flexible doit être de 130 mm au minimum, de façon à protéger électriquement les raccords métalliques des flexibles. La bande d'essai extérieure doit être déployée vers l'extrémité de la *plate-forme (extrémité du bras)* sur 13 mm au minimum au-delà du bord d'attaque de la bande de contrôle de courant intérieure pour éviter les décharges dues à l'effet couronne négatif sur la surface intérieure du bras pendant les essais.

Toutes les lignes à fibres optiques traversant la partie isolante du *bras supérieur* doivent comporter des raccords conducteurs en un point commun (cloison) pour pouvoir connecter l'intérieur et l'extérieur de chaque ligne au circuit de contrôle de courant. Sur les lignes à fibres optiques approuvées par essai comme étant diélectriquement saines et sans pénétration d'eau, le circuit de contrôle du courant de fuite peut être connecté au gainage extérieur uniquement.

Tous les conduits hydrauliques et pneumatiques traversant la partie isolante du *bras supérieur* doivent comporter des raccords conducteurs en un point commun, qui peut être au niveau d'une cloison, pour pouvoir connecter l'intérieur et l'extérieur de chaque conduit au circuit de contrôle du courant. Pour un exemple d'agencement des bras creux, voir la Figure 4b et la Figure 4c.

Tous les autres composants qui traversent la section isolante du *bras supérieur*, par exemple les mires de nivellement, doivent être connectés au point commun (cloison) pour permettre le contrôle du courant de fuite.

Des dispositions doivent être prévues pour l'isolation des composants individuels afin d'identifier chaque trajet de contrôle du courant de fuite. Un câble blindé sur la prise du mesureur doit permettre le trajet de contrôle du courant de fuite à partir de la cloison inférieure du *bras supérieur*.

Dans le cas d'un bras creux, l'accès doit être assuré vers la cloison et les connexions électriques à l'intérieur du bras.

Les *dispositifs élévateurs isolants* équipés de *dispositifs de contrôle de gradient* doivent comporter un *système d'électrode d'essai inférieure* équipé d'un *écran conducteur* (voir Figure 4d) pour réduire l'effet de couplage capacitif et améliorer l'indication du courant de fuite réel dans le système d'isolation.

Il convient que le système de contrôle du courant de fuite soit conçu de sorte à ne pas être détérioré par des surtensions générées par l'établissement ou la coupure du contact.

5.7.8 Effet couronne

Aucun dommage des matériaux isolants (fissuration superficielle, érosion, etc.) dû aux effets couronne ne doit se produire.

5.7.9 Dispositifs de contrôle de gradient

Lorsque cela est exigé, les *dispositifs élévateurs* doivent être équipés d'un ou de plusieurs *dispositifs de contrôle de gradient* sur l'extrémité de la *plate-forme* de la section isolante du *bras supérieur*.

Le ou les *dispositifs de contrôle de gradient* doivent être conçus de manière à empêcher leur installation dans une orientation non prévue par le *fabricant* ou être marqués de manière permanente afin d'identifier l'orientation prévue par le *fabricant*.

Toutes les parties conductrices, y compris les raccords de *plate-forme*, doivent être reliées au *dispositif de contrôle de gradient*.

Aucun composant conducteur ne doit s'étendre sur la section isolante du bras au-delà du ou des *dispositifs de contrôle de gradient*, quelle que soit la position du bras.

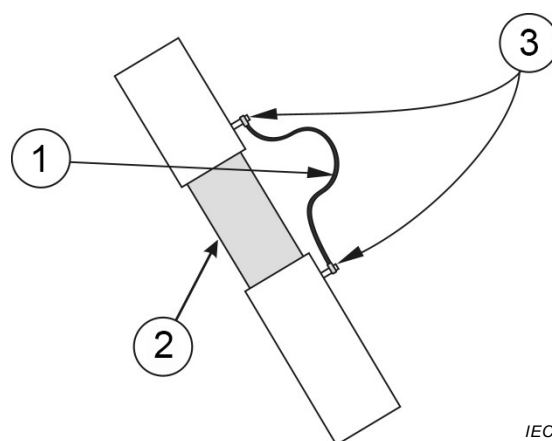
NOTE 1 La nécessité d'un *dispositif de contrôle de gradient* sur les dispositifs élévateurs est déterminée par l'essai de type.

NOTE 2 L'expérience prouve que les *dispositifs de contrôle de gradient* sont généralement exigés sur les *dispositifs élévateurs* de tension assignée supérieure à 138 kV.

5.7.10 Shuntage du système d'isolation du châssis

Les *dispositifs élévateurs* doivent être équipés d'un dispositif permettant de shunter le *système d'isolation du châssis*.

La Figure 5 donne un exemple de *système d'isolation du châssis* (en présence d'un *insert isolant de bras inférieur*) et de dispositif de shuntage.



Légende

- 1 shunt
- 2 système d'isolation du châssis
- 3 goujon en acier inoxydable avec 25 mm de filetage exposé

Figure 5 – Exemple d'agencement de shuntage temporaire d'un système d'isolation du châssis

5.7.11 Système de mise à la terre du châssis

Les *dispositifs élévateurs* conçus pour les *travaux au potentiel* ou à la demande des utilisateurs doivent être équipés d'un dispositif de mise à la terre du *châssis* et du faux *châssis*. Le dispositif doit être défini par l'utilisateur et le *fabricant* et doit être adapté au courant de court-circuit présumé du système électrique sur lequel ont lieu les travaux.

Lorsqu'une bobine de mise à la terre est fournie, la résistance entre l'étau de terre et le point de connexion de la tresse de liaison doit être inférieure à 0,002 Ω.

Il convient d'utiliser au minimum un goujon de mise à la terre correctement positionné et facilement accessible sur le *dispositif élévateur*, avec câble et étau de terre ayant un courant de défaut minimal assigné de 43 kA pendant 15 cycles.

5.8 Exigences mécaniques particulières

5.8.1 Conception structurelle

Les éléments structurels du *dispositif élévateur* qui supportent la *plate-forme*, la *plate-forme* elle-même, et les accessoires de transport de matériaux doivent être conçus de manière à satisfaire aux exigences et essais inclus dans le présent document.

La conception structurelle générale doit assurer une protection contre toute défaillance par flexion. La conception structurelle générale doit assurer une protection contre toute défaillance liée à une fracture de fatigue.

Pour les *matériaux ductiles*, la contrainte de calcul ne doit pas dépasser de plus de 50 % la limite élastique minimale du matériau.

Pour les *matériaux friables* et le plastique renforcé de fibres de verre (notamment les bras isolants, tubes, tiges et mâts de charge), la contrainte de calcul ne doit pas dépasser de plus de 20 % la charge de rupture minimale du matériau.

Pour les chaînes, ensembles de câbles métalliques et composants adaptés aux charges de rupture, les charges de calcul ne doivent pas dépasser de plus de 20 % la charge de rupture.

5.8.2 Stabilité

Les exigences de stabilité et les essais associés de 5.1.4.5 de l'ISO 16368:2010 (Essais de vérification de stabilité et de surcharge pour les PEMP montées sur véhicule) doivent s'appliquer. Aucune *instabilité* ne doit se produire.

5.8.3 Vitesse du vent

Les charges dues au vent de 4.2.2.3 de l'ISO 16368:2010 doivent s'appliquer.

5.9 Vitesses de la structure extensible

Les exigences de 4.4.5 de l'ISO 16368:2010 (Vitesses de la structure extensible) doivent s'appliquer.

5.10 Contrôle de la charge

Aucune exigence de contrôle de la charge ne s'applique pour les produits couverts par le présent document.

NOTE L'utilisation du contrôle de la charge électrique comme moyen de protection contre les surcharges et l'instabilité peut donner lieu à de nouveaux dangers pour un *dispositif élévateur isolant*, tandis que le contrôle de la charge non électrique peut ne pas satisfaire aux exigences de performance de contrôle de la charge tel que spécifié en 4.4 de l'ISO 16368:2010.

5.11 Exigences relatives au système hydraulique

5.11.1 Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide)

Les *dispositifs élévateurs* équipés de conduits hydrauliques qui traversent le bras isolant, dont la hauteur maximale de la colonne d'huile entre le réservoir d'huile et l'*extrémité du bras* est supérieure à 11 m (36 pieds), doivent pouvoir empêcher et/ou limiter la formation d'un vide partiel dans tous ces conduits, entraînant une réduction de la rigidité diélectrique qui pourrait engendrer un claquage électrique. La formation de vide partiel maximal autorisée dans un conduit ne doit pas entraîner une pression absolue inférieure à 80 % de la pression atmosphérique ambiante dans la partie isolante du bras.

NOTE Par exemple, ce dispositif peut être un clapet empêchant la gravité d'évacuer le fluide en dehors du conduit, et/ou les clapets qui s'ouvrent à l'atmosphère lorsque la pression absolue à l'intérieur des conduits contenant normalement du fluide dans une zone évacuée est inférieure à 80 % de la pression atmosphérique ambiante (voir Annexe F).

Un accès approprié aux composants de protection contre le vide à des fins d'essai et de maintenance doit être assuré. L'emplacement des composants de protection contre le vide doit être identifié dans les instructions d'utilisation.

Les *fabricants* doivent fournir des informations détaillées dans les instructions d'utilisation du *dispositif élévateur* pour exécuter des contrôles et entretiens périodiques du système de protection contre le vide. Les instructions doivent fournir des valeurs pour les composants hydrauliques de protection contre le vide.

5.11.2 Montée en pression hydraulique

Un moyen doit être fourni pour limiter la montée en pression due à des facteurs tels que la dilatation thermique du fluide hydraulique ou une fuite, qui pourraient entraîner des contraintes supérieures à la limite élastique du matériau.

5.11.3 Protection du système

Le présent paragraphe complète les exigences de 4.10.2 de l'ISO 16368:2010.

Lorsque le *dispositif élévateur* est actionné par des dispositifs hydrauliques, le système doit être équipé de dispositifs appropriés pour empêcher, en cas de défaillance d'un conduit hydraulique, tout mouvement de la ou des *plates-formes* ou de l'appareil de levage de matériaux, ou des deux.

Cette exigence ne s'applique pas aux tubes métalliques correctement protégés qui sont installés entre un dispositif de retenue et le vérin.

Si des clapets verrouillables sont utilisés, ils doivent se fermer automatiquement pour empêcher le liquide de sortir des vérins. Ils doivent être:

- intégrés avec le vérin, ou
- montés sur bride directement et solidement, ou
- placés à proximité du vérin et reliés à celui-ci au moyen de tuyaux rigides (les plus courts possibles), avec des raccords soudés ou à bride et calculés de la même manière que le vérin.

Les clapets de *commande* pilotés doivent être conçus et installés de manière à être en position de sécurité (c'est-à-dire, arrêt du mouvement correspondant) en cas de défaillance de l'alimentation.

D'autres types de raccords comme les raccords à compression ou raccords de tuyaux évasés ne sont pas autorisés entre le vérin et le clapet de verrouillage.

Lorsque la manœuvre du *dispositif élévateur* est commandée électriquement, le système doit être conçu pour empêcher tout mouvement en cas de perte d'alimentation.

5.11.4 Neutralisation des dispositifs de sécurité

Les procédures et équipements de *neutralisation* des dispositifs de sécurité doivent être conçus de manière à assurer la sécurité du personnel et à réduire le plus possible le risque de situation dangereuse (voir 4.11.6 de l'ISO 16368:2010).

Voir E.8 pour les situations de *neutralisation*.

5.11.5 Limiteur de pression

Les exigences de 4.9.1 de l'ISO 16368:2010 (Limiteur de pression) doivent s'appliquer.

5.11.6 Résistance à l'éclatement – flexibles et raccords

Tous les raccords et flexibles d'un circuit de charge doivent avoir une résistance minimale à l'éclatement égale à quatre fois la pression de service pour laquelle le système est conçu. Cette exigence complète l'exigence de 4.9.3 de l'ISO 16368:2010.

Les autres flexibles et raccords doivent avoir une résistance minimale à l'éclatement égale à trois fois la pression de service pour laquelle le système est conçu.

5.11.7 Indicateurs de niveau de fluide

Les exigences de 4.9.8 de l'ISO 16368:2010 (Indicateurs de niveau de fluide) doivent s'appliquer.

5.11.8 Propreté du fluide

Les exigences de 4.9.9 de l'ISO 16368:2010 (Propreté du fluide) doivent s'appliquer.

5.12 Exigences relatives aux plates-formes

5.12.1 Sécurité de la plate-forme

Les *plates-formes* doivent être conçues ou sécurisées pour résister aux vibrations et aux chocs dus aux charges pendant la course.

5.12.2 Mise à niveau de la plate-forme

Pour les besoins du présent document, les exigences de 4.6.1 de l'ISO 16368:2010 ne s'appliquent pas.

La *plate-forme* doit être équipée d'un système de mise à niveau positif pour empêcher tout retournement.

NOTE Le système peut être mécanique (par exemple, tiges, câbles et/ou chaînes), hydraulique ou autre en fonction des règlements nationaux ou régionaux.

5.12.3 Système de garde-corps

Les *plates-formes* autres que les *nacelles* doivent inclure un *système de garde-corps*. Le *système de garde-corps* doit satisfaire à 4.6.3, 4.6.5 et 4.6.7 de l'ISO 16368:2010.

5.12.4 Nacelles

5.12.4.1 Généralités

Les *nacelles* doivent avoir une hauteur minimale de 0,9 m. Ceci inclut les variations nationales de stature physique des personnes.

5.12.4.2 Nacelles non isolantes conçues pour être utilisées avec des doubles enveloppes isolantes

Les *nacelles* classées comme non isolantes doivent être constituées de matériaux non conducteurs et clairement identifiées comme non isolantes. Elles doivent être exemptes de trous d'écoulement ou d'ouvertures d'accès.

Les *doubles enveloppes* isolantes de ces *nacelles* doivent être constituées de matériaux non conducteurs et soumises à l'essai conformément à 6.6.3.

La *double enveloppe* doit être supportée par la surface inférieure intérieure de la *nacelle*.

5.12.4.3 Nacelles non isolantes conçues pour être utilisées sans double enveloppe

La *nacelle* doit être identifiée comme non isolante et non destinée à être utilisée avec des *doubles enveloppes* isolantes.

Les *nacelles* non isolantes peuvent être constituées de matériaux conducteurs ou non conducteurs. Ces *nacelles* non isolantes peuvent comporter des trous d'écoulement et/ou des ouvertures d'accès.

5.12.4.4 Nacelles isolantes

Les *nacelles* isolantes doivent être constituées de matériaux non conducteurs et doivent être exemptes de trous d'écoulement ou d'ouvertures d'accès. Les *nacelles* isolantes doivent être soumises à l'essai conformément à 6.6.3.

5.12.5 Fixations de sécurité pour le personnel (et fixation pour la protection contre les chutes)

Les exigences de 4.6.4 de l'ISO 16368:2010 doivent s'appliquer.

Le *fabricant* indique clairement le ou les systèmes de protection contre les chutes qui ont été conçus (par exemple, antichute et/ou retenue) et les critères de performance des systèmes particuliers.

5.13 Marquage

Chaque *dispositif élévateur* doit être marqué de manière permanente avec les informations minimales suivantes:

- le nom du *fabricant* ou sa marque de fabrique;
 - la référence du type (*modèle*);
 - le numéro de série;
 - l'année et le mois de fabrication;
 - la hauteur de *plate-forme* assignée de la PEMP;
 - la *tension assignée du dispositif élévateur*, qu'elle soit alternative ou continue (ou les deux, si le *dispositif élévateur* a des caractéristiques assignées doubles de tension);
 - le ou les systèmes de *commande* à résistance électrique élevée lorsqu'ils sont identifiés en tant que tels par le *fabricant*;
 - toutes les *commandes* doivent être clairement marquées pour identifier leur fonction;
 - la plage de températures ambiantes pour la manœuvre du *dispositif élévateur* afin de garantir l'intégrité structurelle (si exigé);
 - le marquage spécifiant le nombre de *plates-formes* pour lequel le *dispositif élévateur* est prévu et a été soumis à l'essai;
 - la vitesse du vent assignée (pas nécessairement sur le dispositif, sauf si elle est spéciale);
 - la *capacité de la plate-forme* assignée spécifiée sur une surface ferme et plane,
 - par *nacelle*,
 - totale (*nacelles* et *mâts de charge*);
 - le tableau des capacités de manutention de matériaux (lorsqu'un *mât de charge* et un treuil sont installés) situé dans un endroit visible pour un *opérateur* situé dans la *nacelle* et dans laquelle les *commandes de mât de charge*/treuil sont installées;
 - le symbole IEC 60417-5216:2002-10 – Approprié aux travaux sous tension; double triangle (voir Annexe B);
- NOTE Le rapport exact entre la hauteur de la figure et la base du triangle est de 1,43. Dans un souci de commodité, ce rapport peut être compris entre 1,4 et 1,5.
- le numéro de la norme IEC correspondante juste à côté du symbole avec l'année de publication (4 chiffres), (IEC 61057:2017).

Le marquage doit être durable, clairement visible et lisible pour toute personne ayant une vision normale ou corrigée, sans grossissement supplémentaire. Le marquage doit être placé à distance éloignée de la bande indiquant les positions des pièces métalliques internes.

Aucun marquage ne doit nuire aux performances des parties isolantes.

5.14 Instructions d'utilisation

Chaque *dispositif élévateur isolant* couvert par le présent document doit être accompagné des instructions d'utilisation et d'entretien écrites du *fabricant* et doit inclure au minimum:

- les instructions d'utilisation avec des détails sur une utilisation en toute sécurité;
- les caractéristiques des fluides hydrauliques non conducteurs ou isolants exigés;

Lorsque des flexibles non conducteurs ou isolants avec raccords doivent être utilisés à basses températures, l'utilisateur et le *fabricant* doivent s'assurer que les informations sur les fluides non conducteurs ou isolants adéquats sont incluses.

- les instructions de nettoyage, stockage et transport;
- les instructions relatives aux essais périodiques et réparations possibles;
- les recommandations et la procédure de *neutralisation* des dispositifs de sécurité pendant les essais, les travaux de maintenance ou de réparation.

5.15 Dimensions et masse

Le *fabricant* doit indiquer les dimensions de la Figure 1 et la *masse du dispositif élévateur* et ces informations doivent être disponibles à la demande de l'utilisateur.

6 Essais

6.1 Généralités

Le présent document définit des dispositions d'essai pour montrer que les produits satisfont aux exigences de l'Article 5. Ces dispositions d'essai sont principalement applicables pour les essais de type destinés à valider les éléments d'entrée de la conception. Le cas échéant, d'autres moyens (calcul, examen, essais, etc.) sont spécifiés dans les paragraphes relatifs aux essais à effectuer pour les produits dont la phase de production est terminée.

L'Annexe C dresse la liste des essais de type et spécifie l'ordre chronologique, si exigé.

Sauf spécification contraire, pour tous les essais, la tolérance relative aux longueurs doit être de ± 10 mm.

Le fluide utilisé pour les essais doit satisfaire aux caractéristiques spécifiées par le *fabricant* dans les instructions d'utilisation (voir 5.14). Les références du fluide utilisé pour les essais doivent être enregistrées avec les résultats d'essai.

Concernant les essais finaux des *dispositifs élévateurs* finis, les essais mécaniques doivent être terminés avant de procéder aux essais électriques.

6.2 Vérification visuelle et dimensionnelle

Un examen visuel doit être effectué pour vérifier la conformité du *dispositif élévateur* ou de ses composants aux articles et paragraphes correspondants du présent document.

Un examen visuel doit être effectué par une personne ayant une vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire, dans des conditions normales d'éclairage.

Un examen dimensionnel doit être effectué pour vérifier la conformité des *dispositifs élévateurs* ou de leurs composants avec les dimensions indiquées dans la Figure 1 et enregistrées en 5.15.

6.3 Vérification de la conception et essais fonctionnels

Une vérification de la conception doit être effectuée pour vérifier la conformité du *dispositif élévateur* ou de ses composants aux articles et paragraphes correspondants du présent document.

Un essai fonctionnel doit être effectué pour vérifier la conformité du *dispositif élévateur* ou de ses composants aux articles et paragraphes correspondants du présent document.

6.4 Durabilité des marquages

La durabilité des différents marquages doit être vérifiée en nettoyant minutieusement le marquage pendant au moins 1 min avec un morceau de chiffon non pelucheux imbibé d'eau puis en le frottant vigoureusement pendant au minimum 1 min supplémentaire avec un chiffon non pelucheux imbibé d'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$).

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le marquage reste lisible et si les lettres ne sont pas abîmées.

La surface du dispositif peut changer. Les étiquettes ne doivent pas présenter de signes de décollage.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à cet essai le marquage par moulage ou gravure.

6.5 Essai par ressuage des bras remplis de mousse

Cinq éprouvettes de 100 mm de longueur chacune, prélevées sur un bras rempli de mousse différent (c'est-à-dire: cinq bras différents), doivent être totalement immergées dans un récipient rempli de solution colorante aqueuse. Le colorant doit être sélectionné conformément aux exigences relatives à la santé au travail et à l'environnement.

NOTE Des essais par ressuage comparatifs ont été effectués, à l'aide de divers colorants. Ces essais indiquent que le choix du colorant n'affecte pas considérablement la caractérisation des bras. En pratique, cependant, l'éosine ($\text{C}_{20}\text{H}_6\text{Br}_4\text{Na}_2\text{O}_5$) s'avère être particulièrement pratique. La concentration de l'éosine est comprise entre 1 % et 2 % dans l'eau distillée.

Le récipient avec les éprouvettes immergées doit être placé dans une chambre à vide à une pression inférieure à 6 500 Pa (environ 50 Torr). Au bout de 1 h, la pression doit être libérée et les éprouvettes doivent être retirées de la solution.

Pour éviter que la solution de colorant ne s'étale aux extrémités des éprouvettes pendant la coupe, les éprouvettes doivent être séchées pendant 24 h à une température d'environ 35 °C avant de les couper.

Après séchage, elles doivent être coupées à 10 mm de chaque extrémité. Les nouvelles éprouvettes ainsi obtenues doivent ensuite être coupées longitudinalement.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il n'y a pas de pénétration de la solution dans la mousse, à la jonction de la mousse et de la structure, ou dans la structure.

6.6 Essais électriques

6.6.1 Généralités

Sauf spécification contraire, la tension d'essai doit être une tension alternative ayant généralement une fréquence comprise dans la plage de 45 Hz à 65 Hz, désignée normalement par l'expression "tension d'essai à fréquence industrielle".

Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés à l'aide d'une source d'alimentation en courant alternatif à la fréquence industrielle, conformément aux exigences indiquées dans l'IEC 60060-1.

Sauf spécification contraire, les systèmes de mesure doivent satisfaire à l'IEC 60060-2.

6.6.2 Essais électriques pour bras isolants, outils de manutention fixes isolants et câbles à fibres optiques

6.6.2.1 Généralités

Ces essais sont réalisés pour vérifier la capacité des bras isolants, *outils de manutention fixes* isolants et câbles à fibres optiques, à résister à une contrainte électrique

- avant et après conditionnement humide ou immersion dans l'eau;
- après avoir subi une entaille (s'applique uniquement aux câbles à fibres optiques installés à l'extérieur du bras et traversant l'intervalle d'isolement).

Afin de permettre différents processus de production, le présent document inclut deux méthodes d'essai, ci-après dénommées Méthode A et Méthode B. La conformité à l'une de ces méthodes d'essai est exigée pour satisfaire au présent document.

Un changement de matière première (fibre de verre, résine, agent de traitement, etc.) ou de processus qui affecte l'humidification de la résine de la fibre de verre doit être considéré comme une nouvelle conception.

NOTE Différentes dimensions de section transversale ne garantissent pas un nouvel essai de type à moins que le bras ne présente un rapport fibre/résine très différent (supérieur à 10 % de la masse) ou une humidification très différente de la fibre (comme déterminé par un examen visuel ou un essai par ressuage).

6.6.2.2 Méthode A – Essais diélectriques en courant alternatif sur des éprouvettes prélevées sur un bras isolant

6.6.2.2.1 Conditions générales d'essai

Avant les essais électriques, chaque éprouvette doit être nettoyée à l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_3$) ou conformément aux instructions d'utilisation du *fabricant*, puis séchée à l'air pendant 15 min.

Ces essais doivent être effectués sur trois éprouvettes de 300 mm de longueur chacune, prélevées dans le bras, de manière à éviter l'utilisation de matériau à moins de 100 mm d'une extrémité. Les extrémités de ces éprouvettes doivent être recouvertes de ruban adhésif conducteur, avant chaque essai électrique. Au moment du conditionnement en atmosphère humide, ce ruban conducteur doit être enlevé.

Le conditionnement en atmosphère humide est effectué conformément à l'IEC 60212.

L'emplacement d'essai doit être aux conditions atmosphériques normalisées indiquées dans le Tableau 1 de l'IEC 60212:2010, c'est-à-dire à une température comprise entre 18 °C et 28 °C.

6.6.2.2.2 Mesurages

Les Figures 6 à 9 représentent le montage d'essai. L'appareillage de mesure doit être éloigné d'au moins 2 m de l'électrode haute tension (HT). Les connexions de mesure, le shunt et l'éclateur de protection optionnel doivent être blindés et mis à la terre. L'éprouvette doit être positionnée à environ 1 m au-dessus du sol, sur un support isolant. L'électrode de garde, du côté terre (masse), est directement reliée à la terre.

Une tension de 100 kV en valeur efficace à la fréquence industrielle doit être appliquée entre les électrodes et le courant traversant l'éprouvette doit être mesuré. Il convient d'augmenter la tension de zéro à une vitesse de 5 kV/s.

Les valeurs de courant admissibles spécifiées sont exprimées en valeurs efficaces. Le courant maximal enregistré pendant l'essai est désigné *I*.

L'angle de déphasage entre le courant et la tension doit être mesuré comme suit:

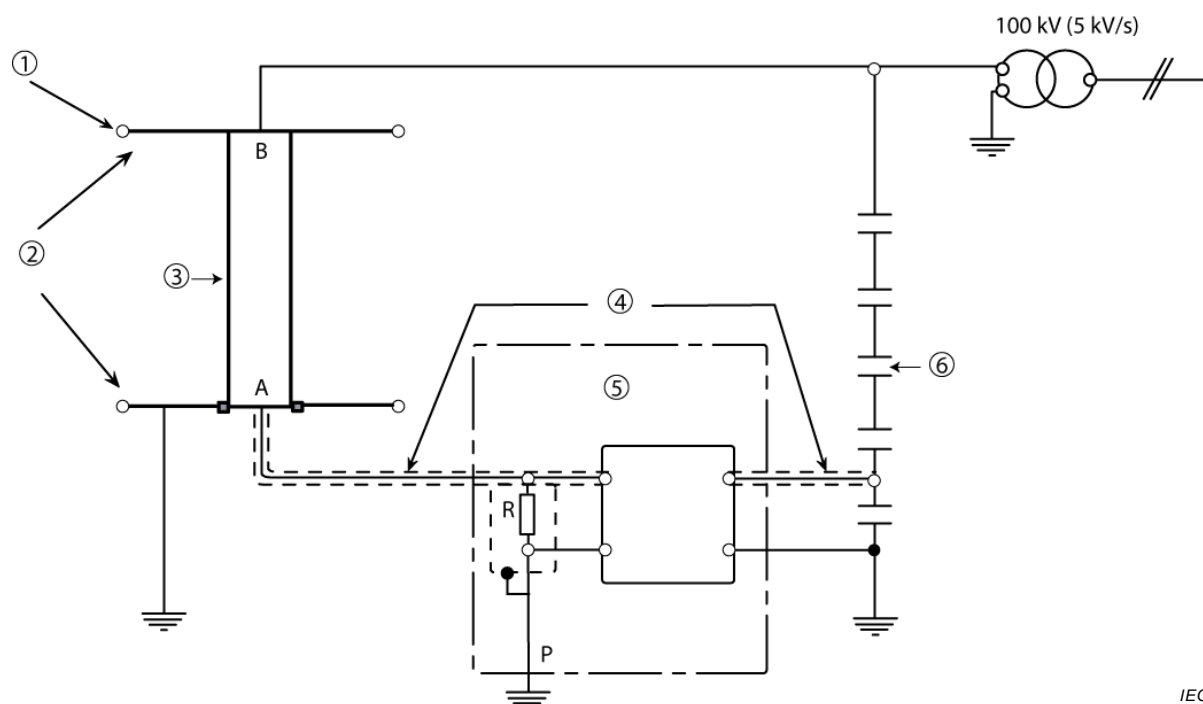
- le courant (extrémité de la terre) traverse une impédance connue (inférieure à 10 000 Ω);
- la tension (extrémité de la ligne), en utilisant un diviseur approprié.

Le déphasage minimal enregistré pendant l'essai est désigné φ .

Au cours des essais, aucun contournement ni aucune perforation ne doit être observé(e) sur les éprouvettes.

Avant d'installer l'éprouvette dans le montage d'essai, des mesurages de référence à blanc sans éprouvette doivent d'abord être effectués et les valeurs de courant et de déphasage doivent être enregistrées.

NOTE Cet essai à blanc aide à vérifier la qualité du montage d'essai. Les limites à spécifier pour les valeurs de courant et de déphasage sont à l'étude et seront incluses lors du prochain cycle de révision de la publication.

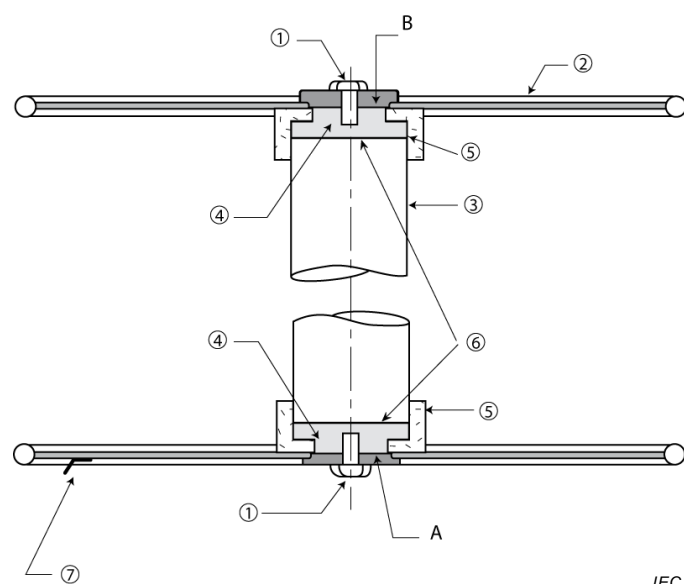


Légende

- | | | | |
|------|---|---|----------------------------------|
| 1 | tube soudé en continu | 4 | câbles blindés |
| 2 | électrodes de garde | 5 | appareillage de mesure |
| 3 | éprouvette | 6 | diviseur capacitif (ou résistif) |
| R | résistance entre les points A et P $\leq 10\,000\ \Omega$ | P | connexion à la masse |
| A, B | extrémités d'électrode (voir Figure 7) | | |

NOTE La zone de mesure est située à au moins 2 m de distance d'une source HT.

Figure 6 – Essai diélectrique en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Montage d'essai type

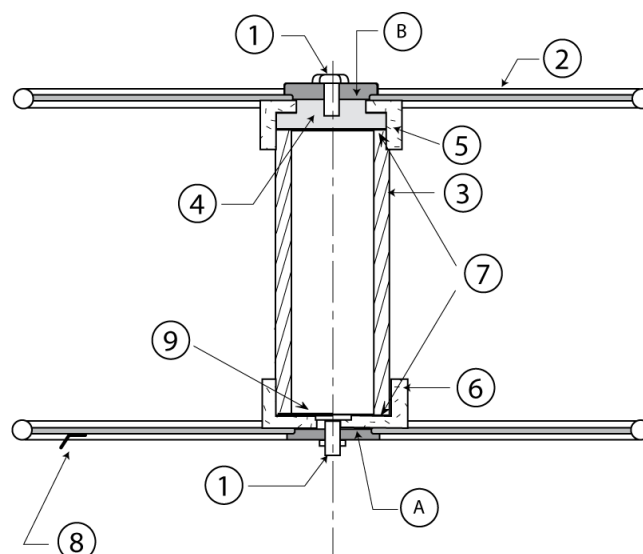


Légende

- | | | | |
|---|--|---|--|
| A | extrémité d'électrode en matériau isolant | B | extrémité d'électrode en laiton |
| 1 | cosse pour fiche banane \varnothing 4 mm | 5 | support isolant |
| 2 | électrode de garde | 6 | contact assuré par ruban adhésif conducteur |
| 3 | épreuve de 300 mm de longueur | 7 | cosse pour fiche banane \varnothing 4 mm à souder sur l'électrode de garde |
| 4 | électrode en laiton | | |

NOTE Les fiches banane peuvent être remplacées par d'autres connecteurs électriques appropriés.

Figure 7a – Essais diélectriques d'une éprouvette du bras rempli de mousse ou du câble à fibres optiques



Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| A | extrémité d'électrode en matériau isolant | B | extrémité d'électrode en laiton |
| 1 | cosse pour fiche banane Ø 4 mm | 6 | support isolant E (voir Figure 9c) |
| 2 | électrode de garde | 7 | contact avec section de bras maintenue par du ruban adhésif conducteur |
| 3 | éprouvette de 300 mm de long | 8 | cosse pour fiche banane Ø 4 mm à souder sur l'électrode de garde |
| 4 | électrode en laiton | 9 | ruban adhésif conducteur d'environ 5 mm de large |
| 5 | support isolant D (voir Figure 9b) | | |

Figure 7b – Essais diélectriques d'une éprouvette du bras creux

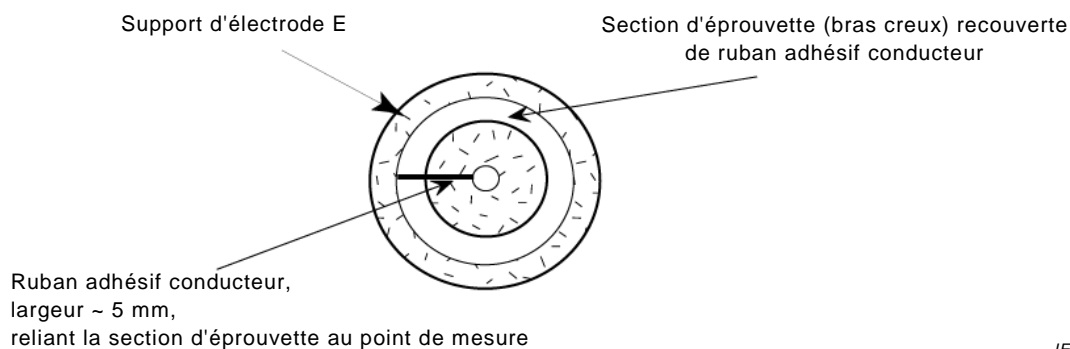
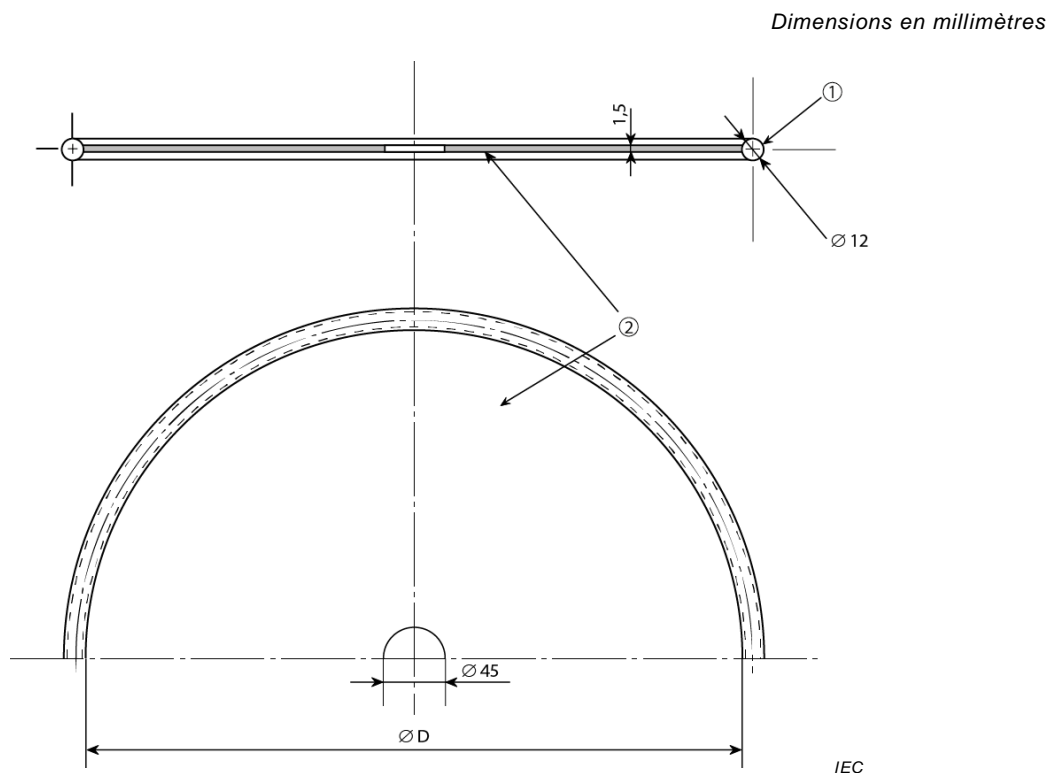


Figure 7c – Agencement du ruban adhésif conducteur pour le mesurage du courant de fuite

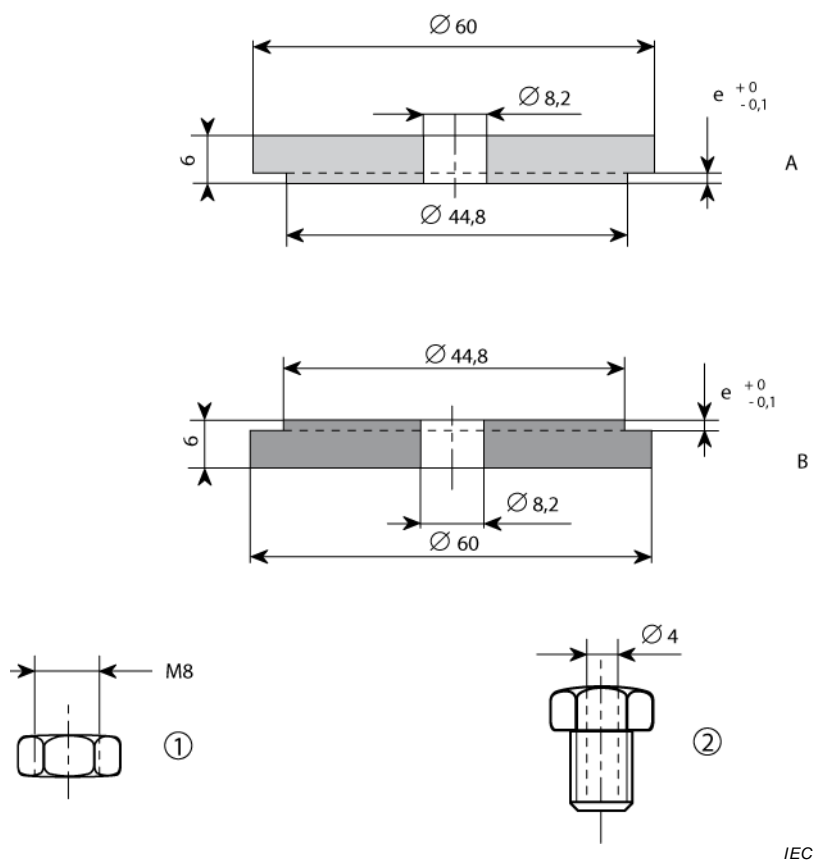
Figure 7 – Essais diélectriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Schéma d'assemblage de l'éprouvette sur les électrodes de garde

**Légende**

- 1 tube en cuivre Ø 12 mm soudé sur plaque en laiton
- 2 épaisseur du laiton 1,5 mm
- ØD > 2,5 fois le diamètre de l'éprouvette

Figure 8a – Plan d'exécution des électrodes de garde (deux exigées)

Dimensions en millimètres



Légende

- A extrémité d'électrode en matériau isolant
- B extrémité d'électrode en laiton
- 1 deux écrous en laiton M8 pour tiges
- 2 deux écrous en laiton M8 × 10 avec trous Ø 4 mm pour les tubes

Figure 8b – Plans d'exécution pour les parties A et B

Figure 8 – Essais diélectriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Plans d'exécution des électrodes de garde et parties

Dimensions en millimètres

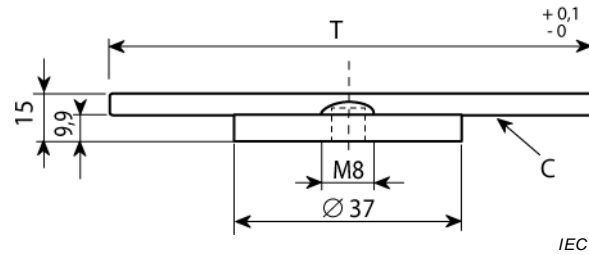


Figure 9a – Plan d'exécution de l'électrode en laiton C

Dimensions en millimètres

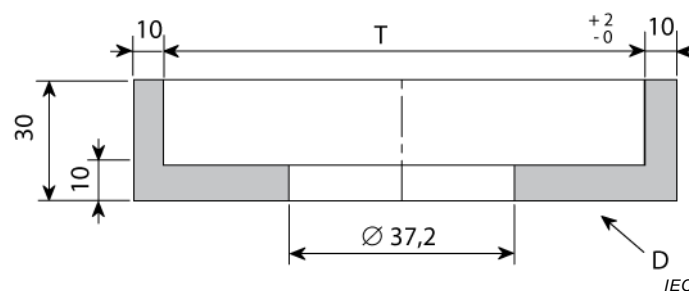


Figure 9b – Plan d'exécution du support isolant D

Dimensions en millimètres

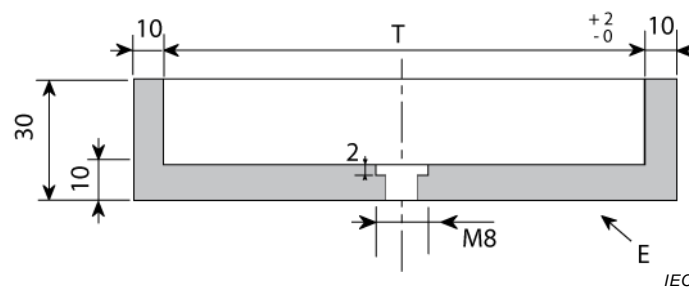


Figure 9c – Plan d'exécution du support isolant E

Légende

- C électrode en laiton
- D support isolant
- E support isolant
- T dimension extérieure de l'éprouvette

Figure 9 – Essais diélectriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide (méthode A) – Plans d'exécution de l'électrode en laiton et pour les parties isolantes de support en fonction de l'éprouvette

6.6.2.2.3 Essais avant et après conditionnement humide

6.6.2.2.3.1 Essai avant conditionnement humide

Après au moins 24 h de séjour en atmosphère ambiante de la zone d'essai, le courant I_1 est mesuré à une tension alternative de 100 kV (valeur efficace), la fréquence industrielle étant appliquée entre les électrodes, pendant 1 min.

Le courant alternatif maximal et le déphasage φ_1 entre le courant et la tension doivent être enregistrés.

6.6.2.2.3.2 Essai après conditionnement humide

Les éprouvettes doivent être placées dans une chambre et être soumises au conditionnement suivant: 168 h/23 °C \pm 2 °C/93 % \pm 5 %, comme spécifié dans le Tableau 1 de l'IEC 60212:2010.

Au terme de cette période de 168 h, les éprouvettes doivent rester dans une atmosphère à une humidité relative de 93 % et doivent être soumises à l'essai dès leur retour à la température ambiante de la zone d'essai.

Après avoir essuyé légèrement les éprouvettes avec un chiffon sec non pelucheux, le courant alternatif I_2 et le déphasage φ_2 sont mesurés dans les mêmes conditions que le courant alternatif I_1 et φ_1 .

L'éprouvette doit être placée dans la même position par rapport à la terre; l'extrémité mise au potentiel élevé de l'éprouvette doit être la même pour les deux essais.

6.6.2.2.3.3 Résultats d'essai

Le courant I_1 mesuré ne doit pas dépasser 5 nA/mm². Le déphasage φ_1 doit être supérieur à 80°.

Après conditionnement humide, le courant I_2 doit être inférieur à deux fois I_1 et le déphasage φ_2 supérieur à 50°.

6.6.2.2.4 Essai diélectrique sous pluie

6.6.2.2.4.1 Conditions générales d'essai

Avant l'essai, chaque éprouvette doit être nettoyée à l'isopropanol (CH₃-CH(OH)-CH₃) puis séchée à l'air à la température ambiante pendant au moins 15 min.

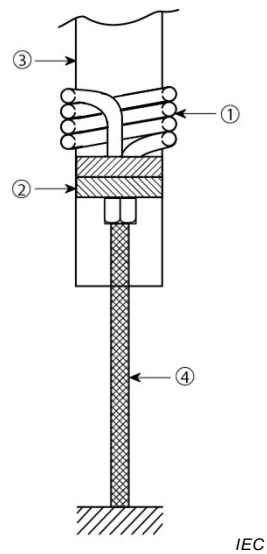
Ces essais s'effectuent sur trois éprouvettes de 1,2 m de longueur chacune, prélevées dans les bras isolants et les câbles à fibres optiques. Ils ne doivent pas utiliser de matériaux situés à moins de 100 mm des extrémités.

Les électrodes doivent être constituées de fils souples en aluminium ou en cuivre de 3 mm à 4 mm de diamètre, encerclant l'éprouvette de trois ou quatre tours, comme représenté à la Figure 10.

Il convient que la surface de l'électrode ne soit pas oxydée, et si un traitement contre l'oxydation est appliqué, il convient que celui-ci ne modifie pas les caractéristiques d'écoulement de l'eau sur l'éprouvette.

L'emplacement d'essai doit être aux conditions ambiantes normales de l'IEC 60212, avec une température de 23 °C \pm 5 °C.

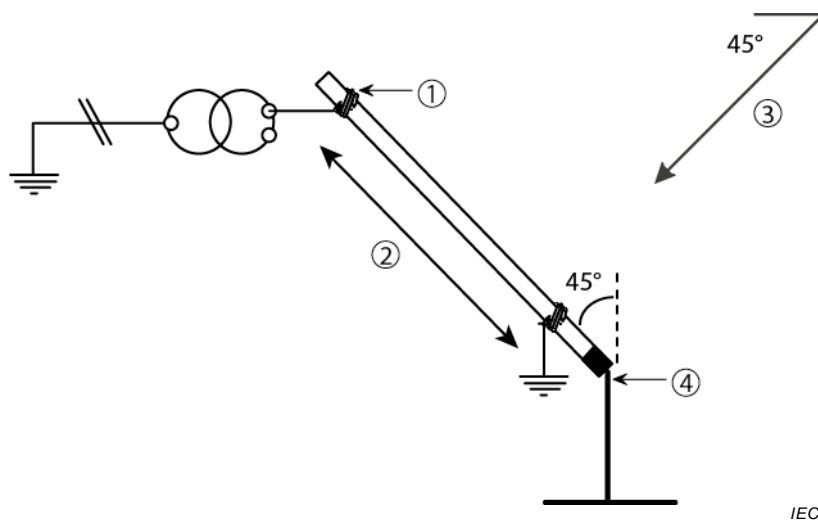
Le montage d'essai doit satisfaire à la Figure 11.



Légende

- 1 3 ou 4 tours de fil souple en aluminium ou en cuivre de 3 mm à 4 mm de diamètre
- 2 électrode fixée à l'aide de ruban adhésif
- 3 éprouvette
- 4 conducteur de terre

Figure 10 – Détails d'agencement des électrodes



Légende

- 1 électrode de haute tension
- 2 espace entre électrodes, 1 m
- 3 sens de la pluie
- 4 support de fixation de 1 m de hauteur au minimum

Figure 11 – Montage d'essai

L'éprouvette doit être inclinée selon un angle de 45° par rapport à la verticale. Une tension de 80 kV (valeur efficace) à la fréquence industrielle doit être appliquée entre les électrodes, conformément à l'IEC 60060-1, pendant une durée de 1 h.

6.6.2.2.4.2 Conditions humides

L'essai sous pluie doit être effectué conformément à la procédure d'essai sous pluie normalisée décrite dans l'IEC 60060-1 et correspondant à ce qui suit:

- taux moyen d'aspersion: entre 1,0 mm/min et 1,5 mm/min;
- résistivité à l'eau: $100 \Omega \cdot m \pm 15 \Omega \cdot m$.

Cependant, contrairement aux exigences de la publication susmentionnée, aucune aspersion ne doit être faite avant la mise sous tension de l'éprouvette; l'aspersion et la mise sous tension doivent être simultanées et maintenues pendant 1 h.

6.6.2.2.4.3 Résultats d'essai

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si:

- aucune *décharge disruptive* (c'est-à-dire: contournement, amorçage ou perforation) ne s'est produite;
- aucune trace de cheminement ou d'érosion de la surface n'est visible sans l'aide d'une loupe.

6.6.2.3 Méthode B – Essais diélectriques en courant continu sur des éprouvettes prélevées sur un bras creux isolant

6.6.2.3.1 Conditions générales d'essai

Avant les essais électriques, chaque éprouvette doit être nettoyée à l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) ou conformément aux instructions d'utilisation du *fabricant*, puis séchée à l'air pendant 15 min.

Ces essais doivent être effectués sur trois éprouvettes de 900 mm de longueur chacune au maximum, prélevées sur le bras. Le montage d'essai est représenté à la Figure 12. Les électrodes doivent être installées sur la surface intérieure et extérieure de l'éprouvette avec une distance de séparation horizontale D de $300 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$.

Les électrodes doivent être installées pendant l'essai diélectrique uniquement et non pendant le conditionnement.

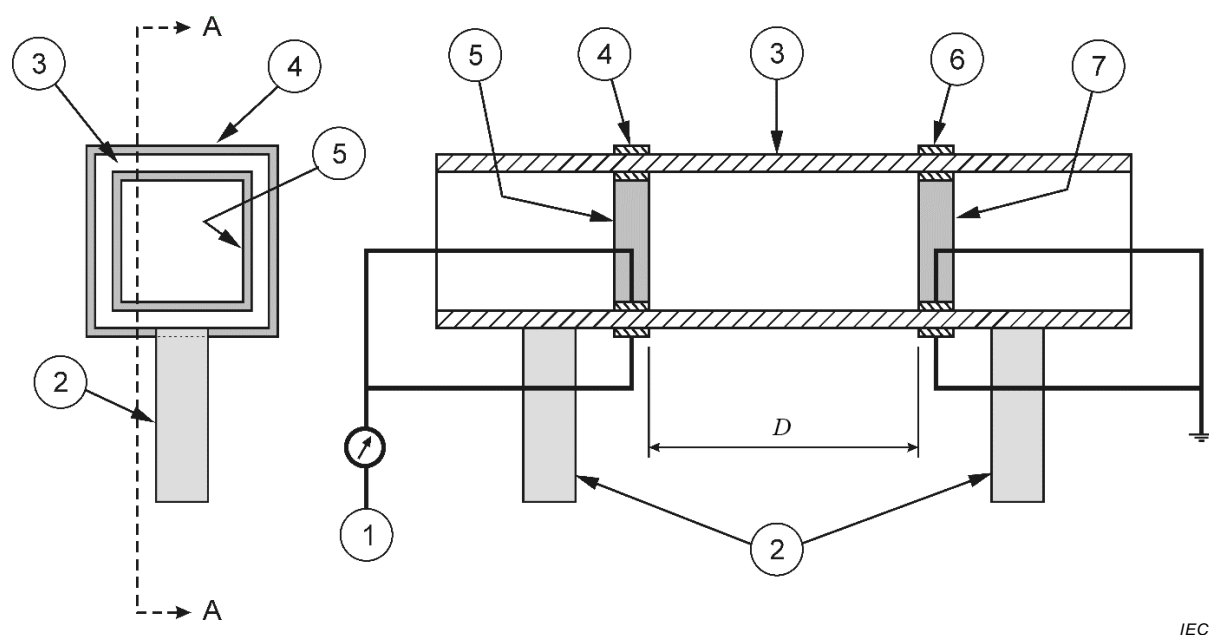
L'emplacement d'essai doit être aux conditions ambiantes normales indiquées dans le Tableau 1 de l'IEC 60212:2010, c'est-à-dire à une température comprise entre $18 \text{ }^\circ\text{C}$ et $28 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.6.2.3.2 Mesurages

Une tension continue de 100 kV doit être appliquée entre les électrodes et le courant traversant l'éprouvette doit être mesuré. La montée maximale en tension doit être de 3 kV/s.

Le courant continu maximal enregistré pendant l'essai est désigné I .

Avant d'installer l'éprouvette dans le montage d'essai, des mesurages de référence à blanc sans éprouvette doivent d'abord être effectués.



Légende

- | | | | |
|---|----------------------------------|----------|---|
| 1 | vers la tension continue | 5 | électrode interne à pôle positif |
| 2 | support isolant | 6 | électrode externe à pôle négatif |
| 3 | épreuve de 900 mm de longueur | 7 | électrode interne à pôle négatif |
| 4 | électrode externe à pôle positif | <i>D</i> | distance de séparation entre les électrodes |

Figure 12 – Essai diélectrique en courant continu avant et après immersion dans l'eau (méthode B) – Montage d'essai typique

6.6.2.3.3 Essai dans des conditions sèches et immergées dans l'eau

6.6.2.3.3.1 Essais dans les conditions sèches

Après au moins 24 h de séjour en atmosphère ambiante de la zone d'essai, le courant I_1 est mesuré à une tension continue de 100 kV appliquée entre les électrodes, pendant 1 min.

Le courant continu maximal doit être enregistré.

6.6.2.3.3.2 Essai après immersion dans l'eau

Les éprouvettes doivent être immergées dans un récipient rempli d'eau courante pendant une période minimale de 24 h.

Après avoir essuyé légèrement les éprouvettes avec un chiffon sec non pelucheux et dans un délai de 5 min après la fin de l'immersion, le courant continu I_2 doit être mesuré dans les mêmes conditions que le courant continu I_1 .

L'éprouvette doit être placée dans la même position par rapport à la terre; l'extrémité mise au potentiel élevé de l'éprouvette doit être la même pour les deux essais.

6.6.2.3.3.3 Résultats d'essai

Dans des conditions sèches et après immersion dans l'eau, le courant continu mesuré ne doit pas dépasser 100 μ A.

6.6.2.4 Essais électriques pour d'autres composants traversant la section isolante

6.6.2.4.1 Généralités

Les autres composants qui traversent la section isolante, tels que les câbles optiques, doivent être soumis à l'essai de 6.6.2.4.2 ci-après ou à un autre essai électrique, tel qu'un essai en courant continu, comme spécifié dans la méthode B pour les bras creux.

Les flexibles isolants sont couverts par d'autres normes (voir 5.7.3).

6.6.2.4.2 Essais avant et après conditionnement humide

6.6.2.4.2.1 Conditions générales d'essai et essai avant et après conditionnement humide

Ces conditions générales d'essai sont les mêmes que celles définies dans la méthode A, dans laquelle le terme "bras isolant" est remplacé par le nom du composant spécifique soumis à l'essai (câble à fibres optiques, mire de nivellement, conduit pneumatique, etc.).

6.6.2.4.2.2 Résultats d'essai

Le courant I_1 mesuré ne doit pas dépasser 10 μA . Le déphasage φ_1 doit être supérieur à 80°. Après conditionnement humide, le courant I_2 doit être inférieur à deux fois I_1 .

Si I_2 est supérieur à deux fois I_1 , mais inférieur à $I_1 + 40 \mu\text{A}$, l'éprouvette satisfait encore à l'essai si le déphasage entre la tension et le courant φ_2 est supérieur à 40°.

En aucun cas, I_2 ne doit être supérieur à $I_1 + 40 \mu\text{A}$.

Il ne doit se produire ni perforation, ni contournement.

6.6.2.4.3 Essai après une entaille

6.6.2.4.3.1 Généralités

Cet essai s'applique uniquement aux câbles à fibres optiques installés à l'extérieur du bras et traversant l'intervalle d'isolement.

Cet essai doit être effectué sur trois éprouvettes.

NOTE Seule une entaille de la surface extérieure peut affaiblir sa tenue diélectrique. Si l'entaille était plus importante, le câble à fibres optiques ne fonctionnerait pas correctement.

6.6.2.4.3.2 Préparation des éprouvettes

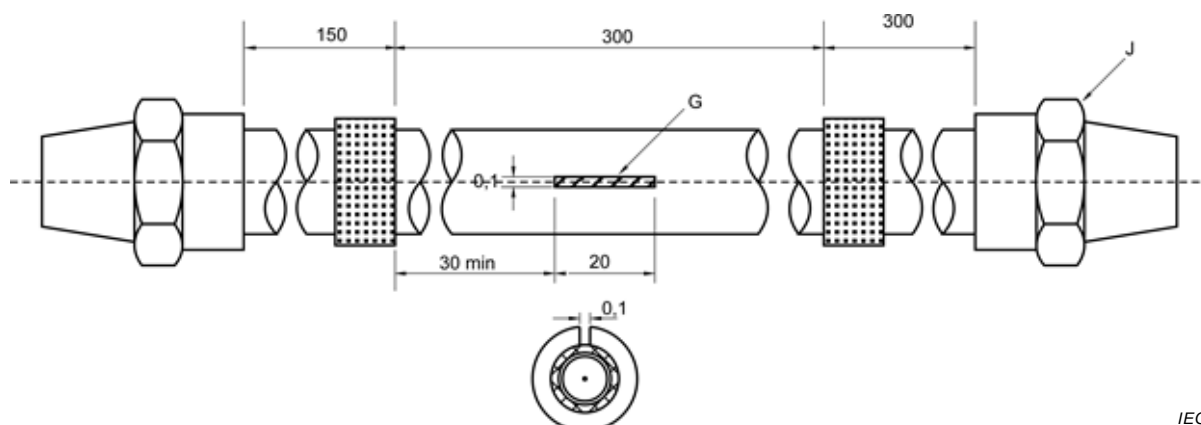
Une entaille doit être pratiquée à la surface de l'éprouvette. Cela consiste à couper la surface jusqu'à atteindre la fibre optique elle-même. Les dimensions de l'entaille doivent être:

longueur: (20 ± 2) mm

largeur: $(0,1 + 0,1)$ mm

L'entaille doit être pratiquée à une distance minimale de 30 mm des extrémités de l'éprouvette du câble à fibres optiques (voir Figure 13).

Dimensions en millimètres

**Légende**

- J manchon
G entaille

Figure 13 – Préparation de l'éprouvette du câble à fibres optiques pour essai après une entaille

6.6.2.4.3.3 Procédure d'essai

Les éprouvettes doivent être immergées sous 20 cm d'eau pendant 24 h (conditionnement selon l'IEC 60212: 24 h/23 °C/eau). La résistivité à l'eau doit être de $100 \Omega \cdot m \pm 15 \Omega \cdot m$. Les éprouvettes doivent être maintenues à l'horizontale.

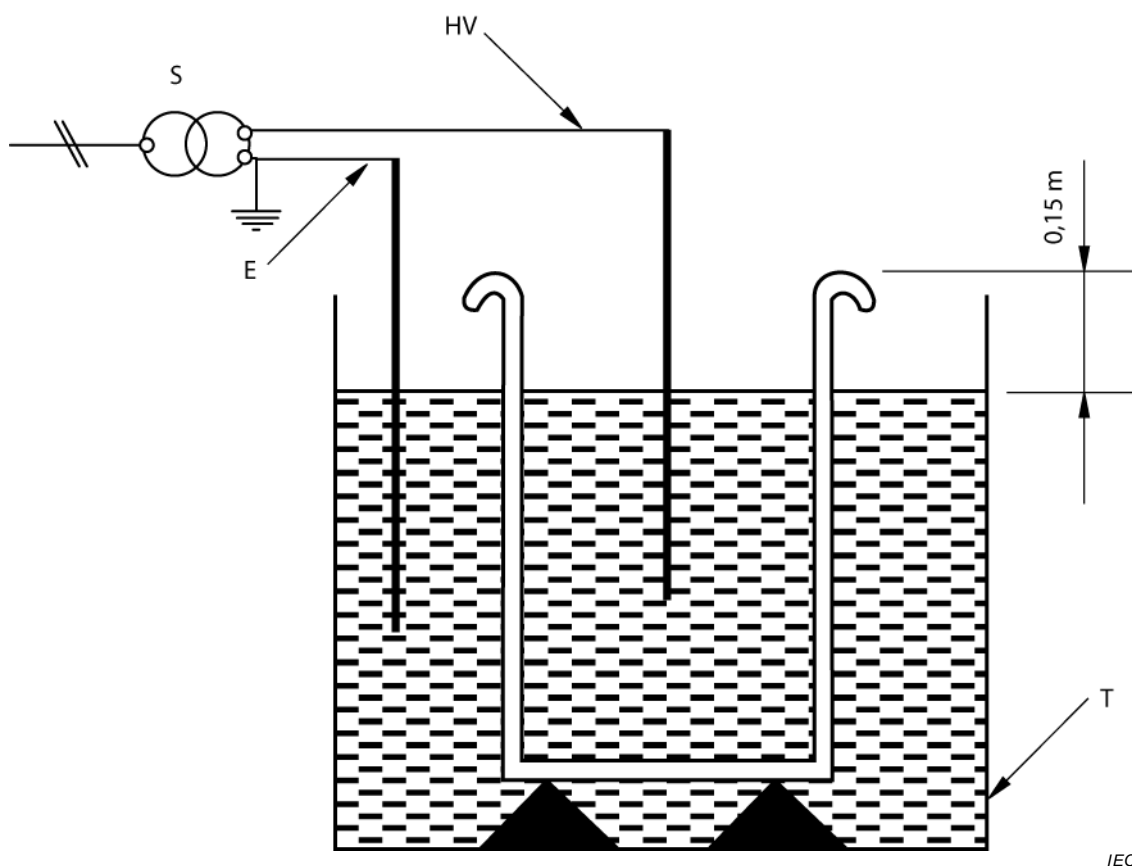
Dans un délai de 10 min après avoir retiré les éprouvettes de l'eau, l'essai spécifié en 6.6.2.4.2 doit être répété, mais sans conditionnement humide.

6.6.2.4.3.4 Résultats d'essai

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si aucune perforation, aucun amorçage ou aucun contournement ne se produit. Le courant n'est pas mesuré.

6.6.3 Essai des nacelles isolantes ou des doubles enveloppes

La *nacelle* isolante ou la *double enveloppe* doit être remplie d'eau courante jusqu'à 0,15 m à partir du haut. La *nacelle* ou la *double enveloppe* doit être immergée dans un récipient d'eau courante et le niveau d'eau doit être le même à l'intérieur et à l'extérieur de la *nacelle* isolante ou de la *double enveloppe* soumise à l'essai (voir Figure 13).



Légende

- S source de tension 50 kV en valeur efficace
- HV électrode haute tension
- E électrode de terre
- T récipient

Figure 14 – Essai de la nacelle isolante ou double enveloppe

L'eau à l'intérieur de la *nacelle* ou de la *double enveloppe* qui forme une électrode doit être connectée à une borne de la source haute tension au moyen d'un contact métallique (par exemple, chaîne, tige) qui plonge dans l'eau. L'eau dans le récipient situé à l'extérieur de la *nacelle* ou de la *double enveloppe* qui forme l'autre électrode doit être connectée directement à l'autre borne de la source de tension.

Une tension de 50 kV en valeur efficace doit être appliquée pendant 1 min ± 5 s. L'essai doit être considéré comme satisfaisant si aucun contournement ou aucune perforation ne se produit.

6.6.4 Essai diélectrique des outils de manutention fixes isolants

L'essai suivant doit être réalisé sur les outils de manutention isolants qui sont fixés sur le dispositif élévateur, tels qu'un *mât de charge* isolant ou un élévateur progressif, etc.

L'outil isolant fixe doit être soumis à l'essai dans sa configuration de travail comme défini par le *fabricant*.

Tous les matériaux conducteurs à l'extrémité de travail de la section d'outil isolante doivent être reliés électriquement pendant l'essai.

Tous les matériaux conducteurs à l'*extrémité du bras* de la section d'outil isolante doivent être reliés électriquement pendant l'essai.

En cas de doute sur la continuité dans les manchons, le shuntage est exigé.

Tous les conduits hydrauliques traversant la section isolante de l'*outil de manutention fixe* doivent être complètement remplis d'huile pendant l'essai.

Le câble haute tension doit être relié au métal lié à l'*extrémité de travail* de l'outil. L'*extrémité du bras* de l'outil isolant fixe doit être reliée à l'aide d'un câble blindé à un mesureur de courant puis reliée à la masse.

L'outil doit être soumis à l'essai à 1,5 fois la tension assignée pour l'outil.

Le courant de fuite maximal ne doit pas dépasser 10 $\mu\text{A}/\text{kV}$ en valeur efficace ou 1 $\mu\text{A}/\text{kV}$ en courant continu.

NOTE La longueur d'extension à employer pendant l'essai n'est pas nécessairement la longueur dans les conditions d'utilisation.

6.7 Essais diélectriques des systèmes d'isolation des dispositifs élévateurs complets

6.7.1 Généralités

Ces essais doivent être réalisés sur le dispositif élévateur monté sur son *châssis* final ou sur un banc d'essai. Sauf pour 6.7.3.1.3, les niveaux des tensions d'essai dépendent de la *tension assignée du dispositif élévateur*.

Les *dispositifs élévateurs* utilisés sur les installations en courant alternatif doivent être soumis à l'essai dans des conditions en courant alternatif conformément au Tableau 1.

Les *dispositifs élévateurs* utilisés sur les installations en courant continu doivent être soumis à l'essai dans des conditions en courant continu conformément au Tableau 2.

Les *dispositifs élévateurs* utilisés sur les installations en courant alternatif et en courant continu doivent être soumis à l'essai conformément au Tableau 1 et au Tableau 2.

6.7.2 Dispositifs élévateurs avec système d'électrode d'essai inférieure

6.7.2.1 Procédures préliminaires

Les composants conducteurs au niveau de l'*extrémité* de la *plate-forme* du bras isolant doivent être reliés électriquement conformément aux instructions du *fabricant* pendant l'essai.

Les composants conducteurs peuvent inclure le matériel monté sur *nacelle*, l'ensemble des *commandes*, des clapets de *commande*, des raccords d'outil, le coupe-circuit moteur et le *dispositif de contrôle de gradient*, etc. Il peut être exigé de retirer les capots pour accéder aux composants conducteurs.

La *double enveloppe* conductrice des *dispositifs élévateurs* qui comportent une *plate-forme* non conductrice et qui sont destinés à être utilisés avec une *double enveloppe* conductrice doit être installée et reliée avant l'essai, comme représenté à la Figure 4.

Le *système d'électrode d'essai inférieure* doit être examiné en termes d'intégrité et soumis à l'essai en termes de continuité pour vérifier qu'il est intact et qu'il ne shunte pas le trajet de mesure du courant de fuite. Les problèmes observés doivent être corrigés avant de poursuivre l'essai.

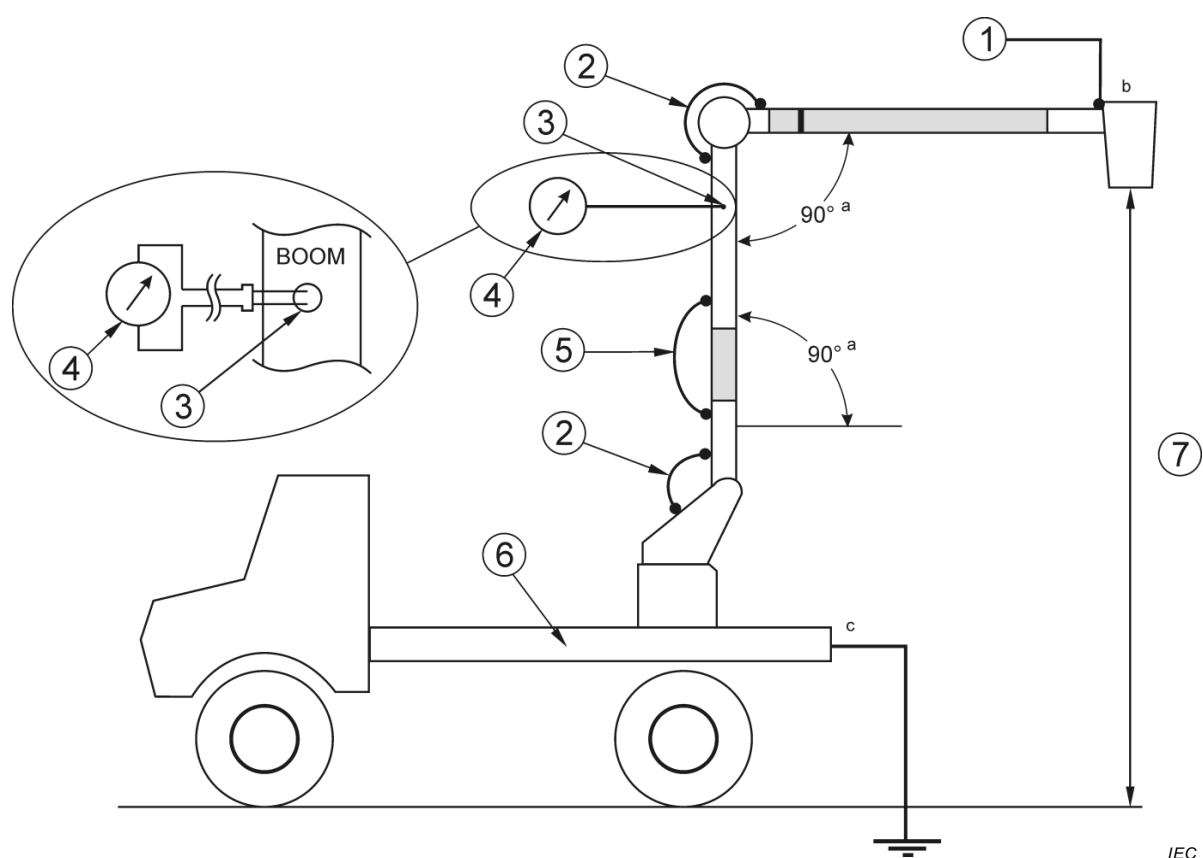
Pendant l'essai, tous les flexibles traversant la section isolante doivent être complètement remplis avec le fluide isolant ou non conducteur spécifié.

La continuité autour de l'*articulation* doit être garantie. En cas de doute sur la continuité dans l'*articulation*, le shuntage est exigé. Les *systèmes d'isolation du châssis*, si installés, doivent être shuntés comme représenté à la Figure 5.

Le *châssis* du véhicule ou banc d'essai doit être mis à la terre.

La prise du mesureur de courant doit être reliée au moyen d'un câble blindé à un mesureur de courant, comme représenté à la Figure 15.

Les bras doivent être positionnés comme représenté à la Figure 15.



Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | source de tension (alternative ou continue) | 5 | shunt d'insert isolant |
| 2 | tresse de liaison | 6 | châssis ou banc d'essai |
| 3 | prise du mesureur | 7 | hauteur de <i>plate-forme</i> enregistrée en termes de cohérence ou de duplication des résultats d'essai |
| 4 | mesureur de courant | | |

^a Ces positions de bras s'appliquent aux essais en extérieur. D'autres positions sont acceptables pour les essais en intérieur par exemple. Il convient de documenter les positions utilisées pour les essais et de les joindre aux documents d'essai pour les besoins de répétabilité.

^b Le matériau conducteur au niveau de l'extrémité de la *plate-forme* du bras isolant doit être relié électriquement conformément aux instructions du *fabricant* pendant l'essai.

^c Le banc d'essai ou le *châssis* doit être mis à la terre.

Figure 15 – Essai du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure

6.7.2.2 Essais diélectriques du système d'isolation supérieur

Pour les *dispositifs élévateurs* utilisés pour les travaux en courant alternatif, les essais doivent inclure la *tension assignée du dispositif élévateur*, la tension assignée double et la tension de tenue de 2 s ou la tension de choc de manœuvre, comme spécifié dans le Tableau 1.

Dans le cas d'un *dispositif élévateur à bras extensible*, la section isolante doit être déployée sur une longueur minimale, comme exigé par le *fabricant*. Cette longueur minimale doit être enregistrée.

Les tensions pour l'essai de tension assignée et l'essai de tension assignée double doivent être maintenues pendant 1 min et le courant de fuite doit être mesuré. Les tensions d'essai et les courants admissibles sont énumérés dans le Tableau 1. L'effet couronne généré au niveau des tensions d'essai ne doit pas affecter la section isolante du bras.

Dans le cas de l'essai de tension de tenue de 2 s, la tension doit être augmentée rapidement jusqu'à atteindre la tension assignée double, puis l'augmentation se poursuit à une vitesse d'environ 2 % de la tension d'essai par seconde. Après l'essai de tension de tenue de 2 s, la tension d'essai doit être réduite rapidement. Il ne doit y avoir ni amorçage, ni contournement, ni perforation pendant l'essai de tension de tenue de 2 s ou l'essai de tension de choc de manœuvre.

La tension d'essai de tenue aux surtensions doit être la valeur de crête de la tension d'essai de tenue de 2 s. L'essai de tension de tenue aux surtensions doit inclure 10 applications consécutives d'ondes d'essai de tension de choc de polarité positive et négative ayant un front compris entre 150 µs et 350 µs et une queue comprise entre 2 500 µs et 4 000 µs sans contournement ou amorçage au cours de l'essai.

Le courant de fuite pendant les essais de tension assignée et de tension assignée double doit conserver une valeur stable au cours de la période de l'essai.

Tableau 1 – Valeurs pour les essais diélectriques en courant alternatif du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure

Tension assignée du dispositif (entre phases) U_r	Essai d'une minute à la valeur phase-terre de la tension assignée		Essai d'une minute à la valeur double phase-terre de la tension assignée		Essai de tenue en courant alternatif de 2 s	Essai de tension de tenue aux surtensions – 10 surtensions positives et 10 surtensions négatives
	Tension d'essai U_t kV en valeur efficace	Courant maximal autorisé en valeur efficace	Tension d'essai $2 U_t$ kV en valeur efficace	Courant maximal autorisé en valeur efficace	Tension d'essai kV en valeur efficace (voir note 3)	Tension d'essai kV en valeur de crête
$U_r \leq 345$	$U_t \leq 200$	1 µA/kV	$2 U_t \leq 400$	1 µA/kV	$3 U_t$	$3 U_t$ en valeur efficace $\sqrt{2}$
$U_r > 345$	$U_t > 200$	1 µA/kV	$2 U_t > 400$	1 µA/kV	$2,5 U_t$, mais valeur supérieure ou égale à 600	$2,5 U_t$ en valeur efficace $\sqrt{2}$ mais valeur supérieure ou égale à 850

NOTE 1 La tension d'essai U_t correspond à la valeur phase-terre de la tension assignée du système sur lequel les travaux sous tension sont effectués: $U_t = U_r / \sqrt{3}$.

NOTE 2 L'essai à U_t est effectué pour obtenir une valeur de référence pour l'essai périodique.

NOTE 3 Le Tableau 1 donne les valeurs des surtensions maximales types prévues pour les essais de tension de tenue aux surtensions en courant alternatif et de 2 s. Il incombe à l'utilisateur de vérifier que ces valeurs sont compatibles avec celles qui peuvent apparaître sur son réseau.

Les tensions d'essai assignées doubles ($2U_t$) et les tensions de tenue peuvent être ajustées pour satisfaire aux exigences de conception réelles d'un réseau donné sur lequel le dispositif élévateur est utilisé. Dans ce cas, l'essai de tension double est remplacé par un essai égal au système maximal (kV max.) plus la montée en tension maximale du système sur un ou des systèmes dans lesquels le facteur de surtension de manœuvre est inférieur ou égal à 2,0 par unité. L'essai de tension de tenue aux surtensions doit être basé sur la valeur de surtension de manœuvre maximale du système.

EXEMPLE L'essai de tension double pour une tension de réseau type de 765 kV (maximum 800 kV) ayant un facteur de surtension de manœuvre maximal de 1,9 par unité peut être remplacé par un essai nominal maximal égal à la montée en tension maximale du système.

La montée en tension maximale du système en pourcentage peut atteindre 30 % suivant les conditions sur le réseau. Pour une montée en tension du système de 30 %, cet essai serait égal à $U_{max} + 30 \% (U_{max})$, c'est-à-dire $800 \text{ kV} + 30 \% (800) = 1\,040 \text{ kV}$ entre phases en valeur efficace ou 600 kV phase-terre en valeur efficace, soit 1,3 fois la tension assignée.

La tension d'essai de tenue en courant alternatif de 2 s (valeur efficace) pour les mêmes paramètres du système est égale à $1,9 \times U_{max}$, 1,9 fois la tension nominale = 878 kV (valeur efficace) ou 878 kV phase-terre (valeur efficace).

L'essai de tension de tenue aux surtensions pour les mêmes paramètres du système est égal à $1,9 \times 462 \times \sqrt{2} = 1\,240$ phase-terre (crête).

NOTE 4 Le client peut souhaiter que les essais soient effectués avec des valeurs de surtension de manœuvre plus élevées. Ceci entrerait dans le cadre des essais d'acceptation. La plaque signalétique ou tout autre document d'essai de type peut spécifier ces valeurs.

Pour les *dispositifs élévateurs* utilisés pour les travaux de lignes sous tension en courant continu, les essais doivent inclure un essai à la tension assignée du *dispositif élévateur* de 3 min et un essai à la tension assignée double de 1 min, ainsi qu'un essai de tension de tenue aux surtensions, tel que spécifié dans le Tableau 2.

Pour les *dispositifs élévateurs* qui sont utilisés sur des systèmes à double polarité, les essais de tension assignée et de tension assignée double doivent être effectués à la polarité positive et à la polarité négative.

Le courant de fuite pendant les essais de tension assignée et de tension assignée double doit conserver une valeur stable au cours de la période de l'essai.

Tableau 2 – Valeurs pour les essais diélectriques en courant continu du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure

Tension assignée du dispositif (pôle positif-pôle négatif) U_t kV	Essai de tension assignée		Essai de tension assignée double		Essai de tension de tenue aux surtensions – 10 surtensions positives et 10 surtensions négatives
	Tension d'essai de trois minutes kV	Courant maximal admissible μA	Tension d'essai d'une minute kV	Courant maximal admissible μA	Tension d'essai kV en valeur de crête
U	U	$0,5 U$	$2,0 U$	$1,0 U$	$2,65 U$ (voir note 5)

Si possible, il convient que la tension de l'essai de tension de tenue aux surtensions soit telle que spécifiée par l'utilisateur. Il est recommandé que la tension d'essai de tenue aux surtensions soit la même que celle spécifiée pour les appareils électriques aux extrémités de la ligne.

EXEMPLE Pour une tension assignée de 500 kV en courant continu, un utilisateur spécifie une tension de tenue aux surtensions de 1 300 kV pour les appareils électriques. L'essai de tension de tenue aux surtensions comprend dix applications des ondes d'essai de surtensions de manœuvre de polarité positive et négative avec une tension de crête de 1 300 kV, et ayant un front de 150 μ s à 350 μ s et une queue de 1 000 μ s à 4 000 μ s, sans contournement. Lorsque les paramètres réels du système ne sont pas connus, l'essai de tension de tenue aux surtensions comprend dix applications des ondes d'essai de surtensions de manœuvre de polarité positive et négative avec une tension de crête de 2,65 U , et ayant un front de 150 μ s à 350 μ s et une queue de 1 000 μ s à 4 000 μ s, sans contournement ou amorçage.

NOTE 5 Pour les dispositifs élévateurs avec une tension assignée inférieure à 200 kV en courant continu, un essai de tenue de deux secondes à 2,65 U kV en courant continu est une alternative en option à l'essai de tension de tenue aux surtensions.

6.7.3 Dispositifs élévateurs sans système d'électrode d'essai inférieure

6.7.3.1 Procédures préliminaires

6.7.3.1.1 Généralités

Les composants conducteurs au niveau de l'extrémité de la *plate-forme* du bras isolant doivent être reliés électriquement conformément aux instructions du *fabricant* pendant l'essai.

Les composants conducteurs peuvent inclure le matériel monté sur *nacelle*, l'ensemble des *commandes*, des clapets de *commande*, des raccords d'outil, le coupe-circuit moteur et le *dispositif de contrôle de gradient*, etc. Il peut être exigé de retirer les capots pour accéder aux composants conducteurs.

Tous les flexibles faisant partie du système d'isolation supérieur doivent être complètement remplis de liquide isolant pendant l'essai.

La continuité autour de l'*articulation* doit être garantie. En cas de doute sur la continuité dans l'*articulation*, le shuntage est exigé. Les *systèmes d'isolation du châssis*, si installés, doivent être shuntés comme représenté à la Figure 6.

Les bras doivent être positionnés et le *dispositif élévateur* soumis à l'essai comme représenté à la Figure 16a ou, dans le cas des *dispositifs élévateurs à bras extensible*, à la Figure 16b.

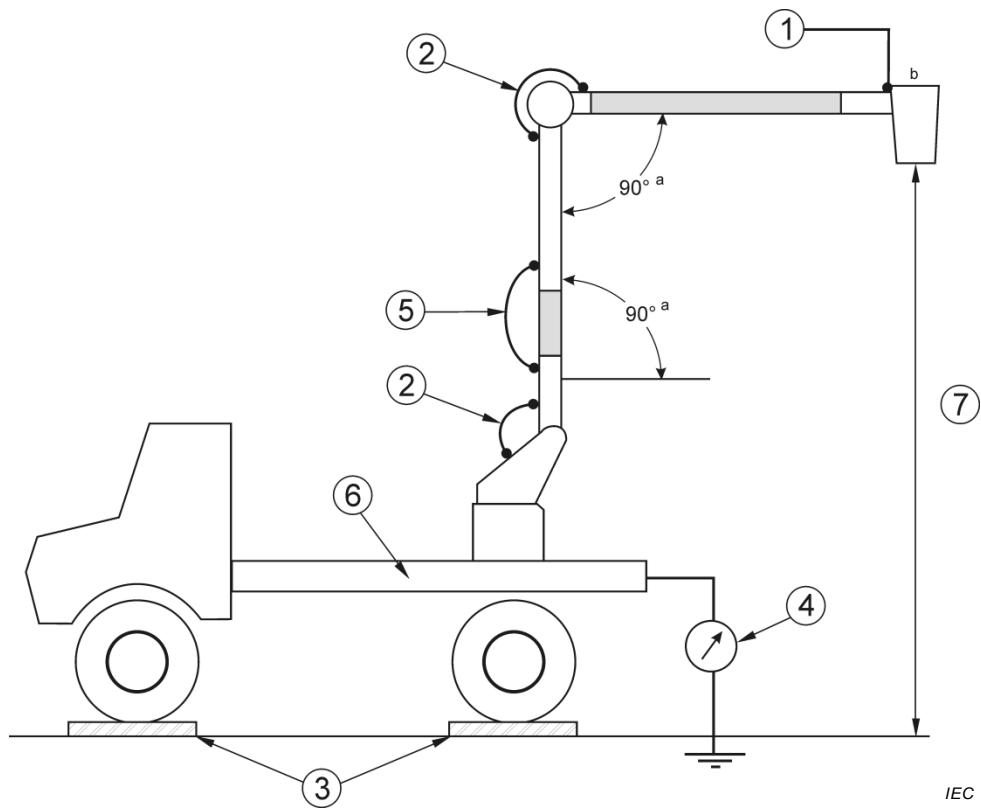
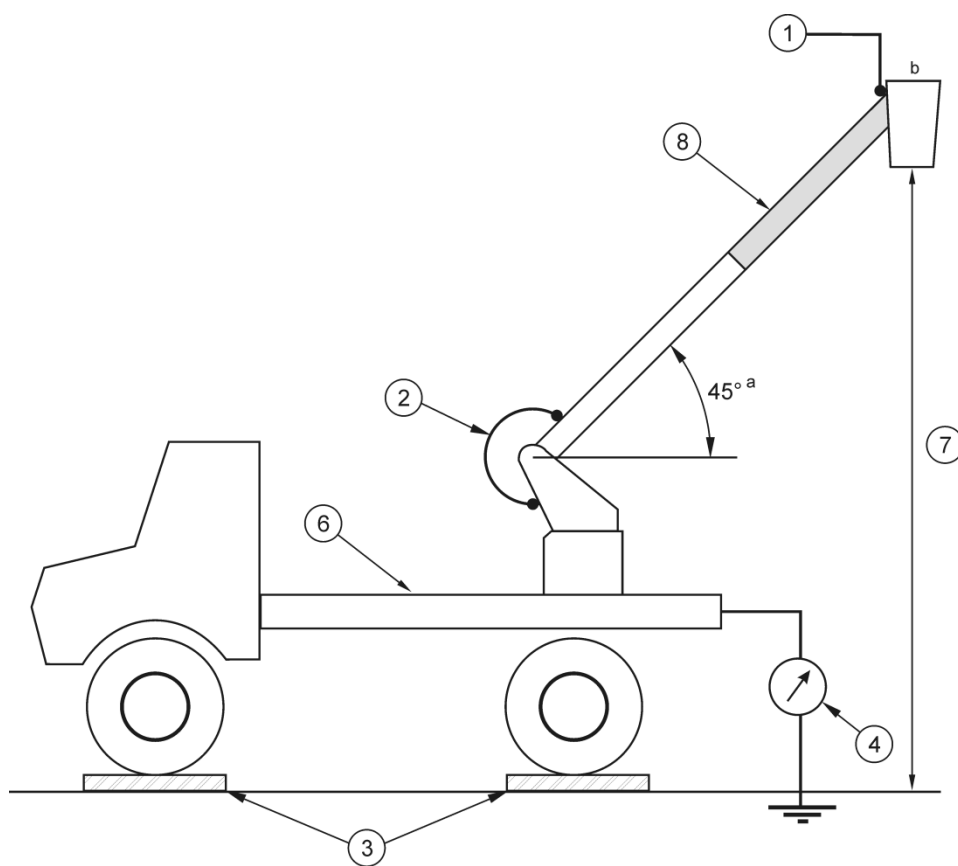


Figure 16a – Dispositifs élévateurs à bras non extensible



IEC

Figure 16b – Dispositifs élévateurs à bras extensible

Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | source de tension (alternative ou continue) | 5 | shunt d'insert isolant |
| 2 | tresse de liaison | 6 | châssis ou banc d'essai |
| 3 | roues et stabilisateurs sur le matériau isolant | 7 | hauteur de <i>plate-forme</i> enregistrée en termes de cohérence ou de duplication des résultats d'essai |
| 4 | mesureur de courant | 8 | section isolante déployée selon le déploiement minimal exigé par le fabricant |

^a Ces positions de bras s'appliquent aux essais en extérieur. D'autres positions sont acceptables pour les essais en intérieur par exemple. Les angles des bras sont plus importants pour les dispositifs élévateurs sans *système d'électrode d'essai inférieure* en raison des courants capacitifs. Enregistrer les positions employées pour les essais dans la documentation d'essai pour les besoins de répétabilité.

^b Tout le métal situé à l'extrémité de la *plate-forme* du bras isolant doit être relié électriquement pendant l'essai.

Figure 16 – Essai du système d'isolation supérieur des dispositifs sans système d'électrode d'essai inférieure installé de manière permanente

Dans le cas des *dispositifs élévateurs à bras extensible* (voir 3.20), la section isolante doit être déployée sur une longueur minimale comme exigé par le *fabricant*. Cette longueur minimale doit être enregistrée.

Le *châssis* ou le banc d'essai doit être relié, au moyen d'un câble blindé, à un mesureur de courant, puis être relié à la terre.

6.7.3.1.2 Essais diélectriques du système d'isolation supérieur

La tension doit être appliquée conformément au Tableau 3.

Il ne doit y avoir ni amorçage, ni contournement, ni perforation pendant l'essai. Les tensions d'essai et les courants admissibles sont énumérés dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Essai diélectrique pour les dispositifs élévateurs sans système d'électrode d'essai inférieure

Tension assignée du dispositif (entre phases) U_r kV en valeur efficace	Tension d'essai à la fréquence industrielle kV en valeur efficace	Courant maximal admissible en valeur efficace	Durée de l'essai min
≤ 46	100	1 mA	3
≤ 22	50	500 μA	3

6.7.3.1.3 Essai diélectrique d'un bras inférieur avec un insert isolant ou d'un autre type de système d'isolation du châssis

Le montage d'essai doit être comme représenté à la Figure 17.

Le *châssis* ou le banc d'essai doit être posé sur le matériau isolant.

Un mesureur de courant doit être connecté entre le *châssis* du véhicule ou le banc d'essai et la terre. Tous les câbles doivent être blindés.

Les shunts de l'*insert du bras inférieur* ou des *systèmes d'isolation de châssis* doivent être retirés.

Tous les flexibles faisant partie du système d'isolation doivent être complètement remplis de liquide isolant pendant l'essai.

Une tension alternative d'essai de 50 kV en valeur efficace doit être appliquée à l'extrémité supérieure de l'insert isolant ou de l'autre type de *système d'isolation du châssis* pendant 3 min.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si le courant ne dépasse pas 3 mA et s'il n'y a ni contournement, ni amorçage, ni perforation.

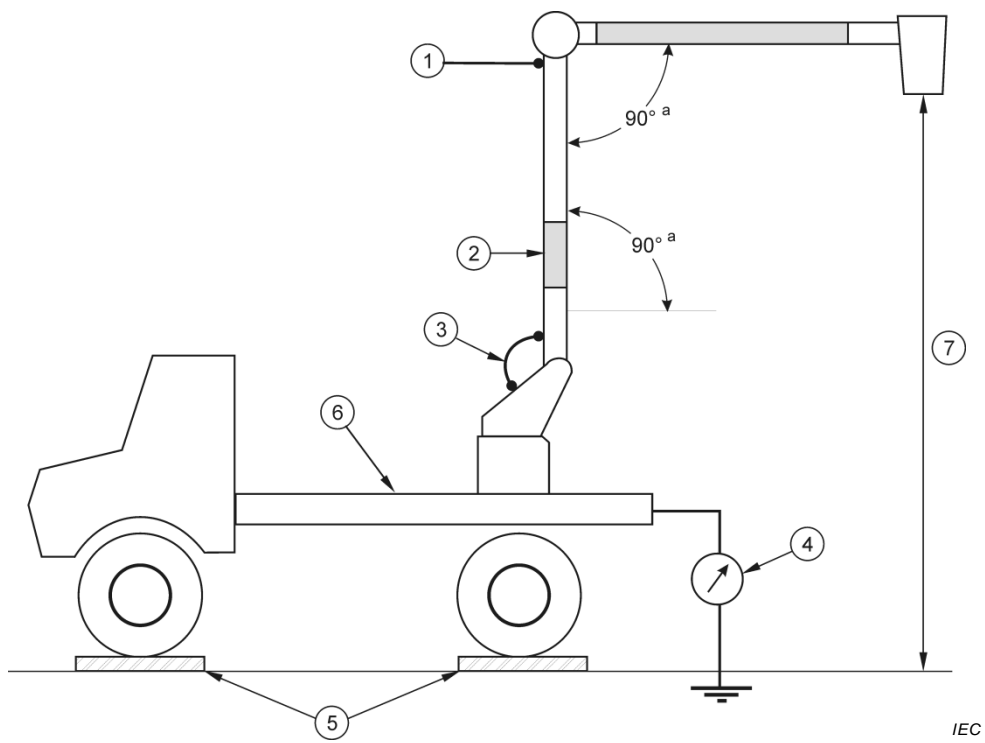


Figure 17a – Système d'isolation du châssis dans le bras inférieur

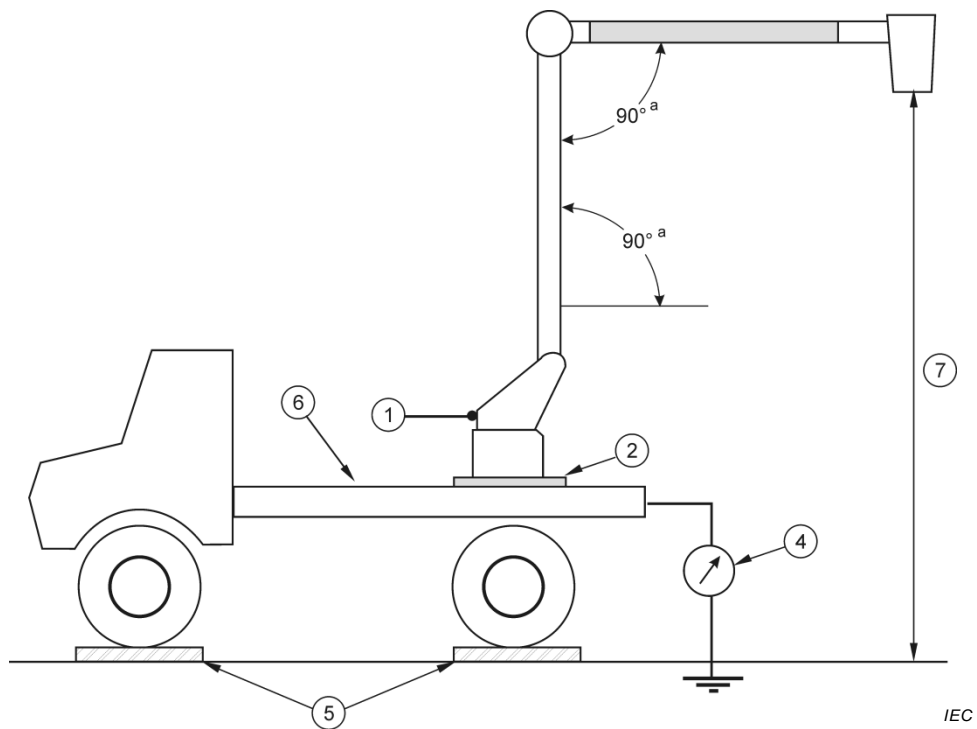


Figure 17b – Système d'isolation du châssis entre le châssis et la tourelle

Légende

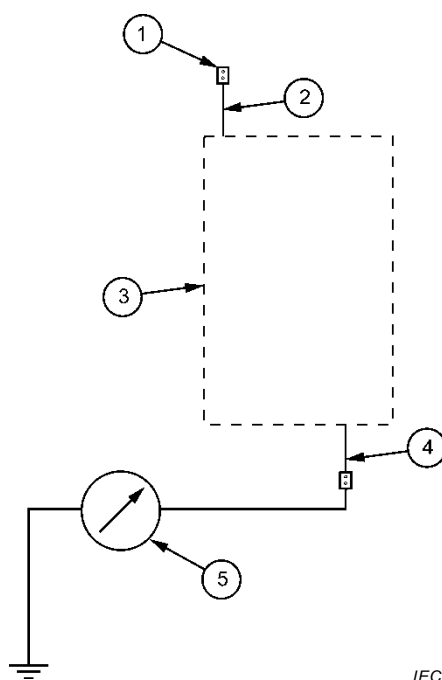
- | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|
| 1 | source de tension alternative | 5 | roues et <i>stabilisateurs</i> sur le matériau isolant |
| 2 | système d'isolation du châssis | 6 | châssis ou banc d'essai |
| 3 | tresse de liaison | 7 | hauteur de <i>plate-forme</i> enregistrée en termes de cohérence ou de duplication des résultats d'essai |
| 4 | mesureur de courant | | |

^a Ces positions de bras s'appliquent aux essais en extérieur. D'autres positions sont acceptables pour les essais en intérieur par exemple. Compte tenu de la capacité, les positions de bras sont plus importantes pour les *dispositifs élévateurs sans système d'électrode d'essai inférieure*. Enregistrer les positions employées pour les essais dans la documentation d'essai pour les besoins de répétabilité.

Figure 17 – Essai diélectrique pour insert isolant/système d'isolation du châssis

6.7.3.2 Essai des systèmes de commandes supérieures à résistance électrique élevée (lorsqu'ils sont identifiés en tant que tels)

Lorsque ces *commandes* sont fournies et identifiées par le *fabricant* pour leurs propriétés de résistance électrique élevée, elles doivent être soumises à la tension spécifiée ci-après. La Figure 18 représente un diagramme du montage d'essai. Le diagramme correspondant du montage réel doit être représenté dans les instructions d'utilisation du *fabricant*.



Légende

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | raccordement à la source de tension | 4 | composant conducteur du côté de l'extrémité du bras des composants à résistance électrique élevée |
| 2 | côté contact de l' <i>opérateur</i> des composants à résistance électrique élevée | 5 | ampèremètre |
| 3 | composants à résistance électrique élevée | | |

Figure 18 – Essai des composants à résistance électrique élevée

L'électrode du côté contact de l'*opérateur* des composants à résistance électrique élevée doit être en matériau conducteur (par exemple, ressort ou feuille) et doit être installée comme représenté dans les instructions d'utilisation du *fabricant* et à la Figure 18.

Un ampèremètre doit être relié au composant conducteur du côté de l'*extrémité du bras* des composants à résistance électrique élevée au moyen d'un câble coaxial blindé et doit être

installé comme représenté dans les instructions d'utilisation du *fabricant* et à la Figure 18. L'ampèremètre doit ensuite être relié à la terre.

Une tension alternative d'essai de 40 kV en valeur efficace doit être appliquée entre les électrodes pendant 3 min. Le courant alternatif maximal admissible doit être de 1 000 μ A.

Une tension continue d'essai de 56 kV peut être appliquée comme essai alternatif. Le courant continu maximal admissible doit être de 100 μ A.

6.8 Système d'électrode d'essai inférieure

Avec le mesureur de contrôle du courant de fuite débranché du circuit de contrôle du courant de fuite, les essais suivants doivent être effectués.

Le *système d'électrode d'essai inférieure* doit être vérifié pour garantir que tous les trajets du courant de fuite jusqu'aux points de prélèvement conducteurs sur chaque trajet à contrôler sont connectés au circuit de mesure et sont isolés de l'écran métallique, de l'articulation du bras métallique et du *châssis*.

Les connexions internes doivent faire l'objet d'une vérification afin de s'assurer qu'elles satisfont aux instructions d'utilisation du *fabricant*.

Les circuits de mesure à un fil sont normalement conçus avec les composants connectés en parallèle tandis que les circuits de mesure à deux fils sont normalement conçus avec les composants dans chaque circuit connectés en série de manière à ce que le système puisse détecter la rupture d'une connexion.

NOTE Un endoscope, miroir ou caméra peut être exigé(e) pour effectuer ces contrôles en raison de l'espace et de la visibilité limités du trou d'accès.

Un ohmmètre peut être utilisé pour vérifier la continuité électrique entre les circuits de mesure et les points de prélèvement conducteurs sur chaque trajet à contrôler. Avec un câble connecté au circuit de mesure, le second câble doit être utilisé pour vérifier la continuité électrique de chaque trajet de fuite qui traverse la section isolante. Tout point de connexion ne présentant pas de continuité doit être réparé.

L'ohmmètre (ou un appareil de mesure de la résistance d'isolement) peut alors être utilisé pour vérifier l'absence de continuité entre le circuit de contrôle et le *châssis*, l'écran métallique et l'articulation du bras métallique. La résistance entre le circuit de contrôle et le *châssis* et entre l'électrode de garde et les parties conductrices du bras doit être supérieure ou égale à 10 M Ω .

6.9 Liaison équipotentielle

Un ohmmètre doit être utilisé pour vérifier la continuité électrique entre tous les composants conducteurs à l'*extrémité du bras*.

Un câble doit être connecté à un point de liaison et le second câble doit être utilisé pour vérifier la continuité électrique avec chaque composant conducteur à l'*extrémité du bras*.

La résistance entre le point de liaison et les autres composants conducteurs au niveau de la *plate-forme* à l'*extrémité du bras* doit être inférieure ou égale à 2,0 Ω .

Tout point de liaison ne présentant pas de continuité doit être réparé.

6.10 Essais mécaniques

6.10.1 Essais mécaniques sur le bras isolant avec ses raccords

6.10.1.1 Généralités

Les essais mécaniques suivants doivent être effectués.

Lorsqu'une conception particulière de bras isolant est utilisée pour plusieurs *modèles* de dispositifs élévateurs, un seul essai de type peut être effectué avec les conditions de contrainte maximales utilisées.

Ces essais doivent être effectués sur chaque conception de bras isolants, y compris ses raccords d'extrémité et son revêtement final.

Un changement de matière première (fibre de verre, résine, agent de traitement, etc.) ou de processus qui affecte l'humidification de la résine de la fibre de verre doit être considéré comme une nouvelle conception.

Différentes dimensions de section transversale ne garantissent pas un nouvel essai de type à moins que le bras ne présente un rapport fibre/résine très différent (supérieur à 10 % de la masse) ou une humidification très différente de la fibre (comme déterminé par un contrôle visuel ou un essai par ressuage).

6.10.1.2 Essai de surcharge et de torsion

Un essai de surcharge et de torsion doit être effectué en appliquant 1,5 fois la *capacité de charge assignée* au bras avec raccords dans une position exerçant la charge maximale prévue en torsion pendant une période de 5 min.

Après l'essai de surcharge et de torsion, un examen doit être effectué pour vérifier tous signes de déformation, fissures ou autres dommages compromettant la sécurité du dispositif élévateur. L'essai doit être considéré comme satisfaisant si aucun de ces signes n'est présent.

Les enregistrements de l'essai et des résultats doivent être conservés.

6.10.1.3 Essai de fatigue

Sur le bras soumis à l'essai de 6.10.1.2, un essai de fatigue doit être effectué pour simuler les conditions d'utilisation prévues lors de la conception. Les forces de flexion appliquées doivent correspondre aux forces résultant des charges assignées de la *plate-forme* de travail et sur l'*outil de manutention fixe* isolant.

L'essai doit inclure des cycles représentatifs de la durée de vie prévue du dispositif mais au minimum 40 000 cycles.

Après l'essai, un examen doit être effectué pour vérifier tous signes de déformation, fissures ou autres dommages compromettant la sécurité du dispositif élévateur. L'essai doit être considéré comme satisfaisant si aucun de ces signes n'est présent.

Les enregistrements de l'essai et des résultats doivent être conservés.

6.10.2 Fluage de la *plate-forme*

L'essai doit être réalisé sur un dispositif élévateur monté sur son *châssis*.

Le fluide isolant dans les vérins doit pouvoir se stabiliser à la température ambiante avant l'essai.

La charge assignée doit être appliquée à une position qui optimise le fluage de la *plate-forme* par rapport au mouvement de tous les vérins supportant la *plate-forme*. Lorsqu'il est mesuré au niveau du sol, le fluage admissible de la *plate-forme* dans n'importe quelle direction ne doit pas dépasser 6 mm par mètre de hauteur de travail maximale pendant 60 min.

6.10.3 Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide)

Un essai doit être effectué en simulant une réduction de la pression du fluide hydraulique. Lors de cet essai, la pression absolue dans le conduit en haut du bras doit être supérieure à 80 % de la pression atmosphérique ambiante.

Cet essai doit être réalisé pour chaque trajet hydraulique traversant la partie isolante du bras.

Cet essai peut être réalisé comme un essai au "banc" avant l'installation du composant de protection contre le vide.

NOTE La pression absolue est en général mesurée à l'aide d'un manomètre différentiel. La pression absolue peut alors être déterminée par la différence entre les deux hauteurs de colonne.

Lorsque des clapets antiretour en ligne sont utilisés pour empêcher la vidange par gravité du fluide hydraulique du conduit dans la partie isolante du bras, les clapets antiretour doivent être soumis à l'essai pour vérifier l'absence de fuite après la soupape dans la direction du débit vers le réservoir d'huile lorsqu'une pression de 101 kPa est appliquée.

Cet essai peut être réalisé comme un essai au "banc" avant l'installation du clapet antiretour (voir F.2.1 pour les procédures d'essai).

6.11 Essais de conception et essais fonctionnels

En plus des essais de type du fabricant, chaque *dispositif élévateur*, y compris les mécanismes, doit être soumis aux essais par le *fabricant* dans la mesure nécessaire afin d'assurer la conformité aux exigences de conception et aux exigences fonctionnelles du paragraphe applicable de l'Article 5.

Lorsque le *dispositif élévateur* n'est pas monté sur le véhicule par le *fabricant*, ces essais, qui peuvent être effectués seulement après l'assemblage et l'installation du *dispositif élévateur*, doivent relever de la responsabilité de l'installateur.

7 Essais de conformité des dispositifs élévateurs une fois la phase de production terminée

Pour effectuer des essais de conformité pendant la phase de production, l'IEC 61318 doit être utilisée conjointement avec le présent document.

L'Annexe D, élaborée à partir d'une analyse des risques sur les performances des *dispositifs élévateurs isolants* pour le montage sur un *châssis*, donne la classification des défauts et identifie les essais associés applicables une fois la phase de production terminée.

8 Modifications

Toute modification des *dispositifs élévateurs isolants* pour le montage sur un *châssis* doit exiger de réaliser des essais de type supplémentaires ou de les répéter, en totalité ou en partie, s'il est déterminé que la modification le justifie et peut également exiger de modifier les ouvrages de référence du *dispositif élévateur*.

Annexe A (informative)

Lignes directrices relatives à la sélection des caractéristiques des dispositifs élévateurs isolants en fonction des méthodes des travaux sous tension

A.1 Généralités

L'Annexe A a pour but d'aider les utilisateurs à sélectionner les caractéristiques du *dispositif élévateur isolant* en fonction de sa tension assignée et de la ou des méthodes de travail.

Les dispositifs élévateurs conçus et fabriqués conformément au présent document contribuent uniquement à la sécurité des utilisateurs à condition qu'ils soient périodiquement soumis à des essais et entretenus conformément au présent document.

Les *dispositifs élévateurs* sont utilisés pour positionner le personnel suffisamment près des installations électriques afin que les travailleurs puissent effectuer les travaux sous tension exigés. Certaines caractéristiques des *dispositifs élévateurs* varient selon la tension assignée et la méthode de travail. Les *dispositifs élévateurs* ne constituent qu'un moyen pour isoler un *opérateur* d'un contact direct avec le sol. Ils n'assurent pas de protection contre tout contact avec des appareils à différents potentiels comme les contacts entre phases et phase-neutre/terre. Les *opérateurs* doivent comprendre les exigences pour assurer la sécurité personnelle.

A.2 Travaux sous tension au potentiel

La méthode de travail généralement dénommée "au potentiel" s'applique lorsque la *plate-forme* est connectée directement à une partie active de l'installation. Le bras isolant supérieur du dispositif élévateur constitue la principale protection électrique pour le travailleur connecté à la partie active, et le personnel au sol.

Les *dispositifs élévateurs* conçus pour cette méthode sont généralement équipés des éléments suivants:

- 1) un système d'isolation conçu pour assurer une protection en cas d'exposition à la tension maximale;
- 2) un *système d'électrode d'essai inférieure* (5.7.7) qui permet le contrôle continu du courant de fuite pendant l'utilisation et autorise les essais (dans le laboratoire et sur site);
- 3) tous les composants conducteurs reliés ensemble à l'extrémité de la *plate-forme* et un dispositif permettant à l'*opérateur* d'être relié au dispositif élévateur au niveau de la *plate-forme* à des fins de protection contre les décharges (5.7.6);
- 4) un système de mise à la terre du *châssis* (5.7.11);
- 5) la protection contre le vide (5.11.1).

Les caractéristiques complémentaires peuvent comprendre:

- a) un écran conducteur (5.7.7) utilisé avec l'électrode d'essai inférieure;
- b) un dispositif de contrôle de gradient (5.7.9);
- c) un système d'isolation du châssis qui peut être shunté (5.7.10) pendant les travaux au potentiel.

A.3 Outil pour ligne sous tension, travail à distance

Cette méthode peut être appliquée sur toutes les installations sous tension. Le travailleur utilise des outils de travail sous tension (perches isolantes) pour effectuer le travail. L'outil pour les travaux sous tension assure la protection électrique principale du travailleur, ce qu'il convient de maintenir en tant que tel. Le *dispositif élévateur isolant* peut assurer une protection secondaire au travailleur et peut assurer une protection du personnel au sol si un quelconque élément métallique au-dessus de l'isolation entre en contact avec une partie active.

D'autres outils pour les travaux sous tension, comme les *outils de manutention fixes* isolants et les liaisons isolantes, assurent la protection électrique du travailleur. L'utilisateur est averti que ces outils (comme les perches isolantes) ont des valeurs diélectriques assignées appropriées et exigent d'être entretenus conformément aux instructions d'utilisation.

Les *dispositifs élévateurs isolants* utilisés dans le cadre de la méthode de *travail à distance* sont généralement équipés des éléments suivants:

- 1) un système d'isolation conçu pour assurer la protection supplémentaire souhaitée du travailleur;
- 2) un *système d'isolation du châssis* pour protéger le personnel au sol;
- 3) un *système d'électrode d'essai inférieure* (5.7.7) exclusivement dédié aux essais (en laboratoire et sur site);
- 4) une protection contre le vide (5.11.1) lorsque la tension à laquelle les travaux sont réalisés est supérieure à 46 kV ou la hauteur maximale de la colonne barométrique du liquide hydraulique dépasse 11 m (5.11.1).

A.4 Gant de travail isolant (en caoutchouc)

La méthode de *travail au contact* s'applique lorsque le travailleur porte des gants isolants à des fins de protection électrique lors de l'exécution des travaux. D'autres dispositifs assurant l'isolation électrique (comme les nappes isolantes et les protecteurs isolants) sont utilisés, si nécessaire. Le *dispositif élévateur* assure une isolation électrique par rapport à la terre.

Les *dispositifs élévateurs* conçus pour cette méthode sont généralement équipés des éléments suivants:

- 1) un système d'isolation conçu pour assurer la protection du travailleur;
- 2) une *plate-forme* en matériau non conducteur;
- 3) une protection contre le vide lorsque la colonne barométrique du liquide hydraulique dépasse 11 m (5.11.1).

Les caractéristiques complémentaires comprennent:

- a) une double enveloppe isolante;
- b) pour le confort du travailleur, tous les éléments métalliques au niveau de la *plate-forme* peuvent être reliés ensemble comme détaillé en 5.7.6. Pour réduire le risque de blessures par contact accidentel, il peut être souhaitable de ne pas relier les éléments métalliques à la plate-forme;
- c) un système d'isolation du châssis pour protéger le personnel au sol qui n'est pas shunté pendant les travaux au contact;
- d) un système de mesure inférieur (5.7.7) peut être fourni pour les essais périodiques électriques;
- e) un système de mise à la terre du châssis (5.7.11).

A.5 Utilisation en courant continu

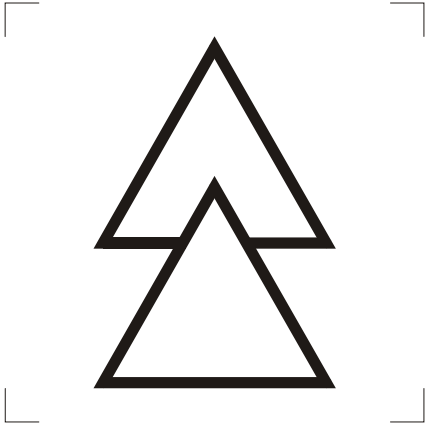
A l'heure actuelle, l'expérience acquise dans le domaine des travaux réalisés en courant continu n'est pas suffisamment longue pour pouvoir établir des préconisations sur les caractéristiques des *dispositifs élévateurs isolants* à utiliser dans ces conditions.

A.6 Conseils pour les acheteurs de dispositifs élévateurs isolants satisfaisant aux exigences du présent document non destinés à être utilisés pour les travaux sous tension

Le respect des Distances Minimales d'Approche, comme défini par l'autorité de réglementation, par rapport aux parties actives accessibles constitue pour les utilisateurs ci-dessus désignés la principale méthode pour éviter tout contact accidentel avec ces parties actives. Les propriétés isolantes d'un *dispositif élévateur isolant* ne doivent être considérées que comme une protection de "secours" ou secondaire pour ces utilisateurs. Une attention particulière doit être portée afin de s'assurer que les composants isolants font l'objet d'un entretien, d'un examen et d'une maintenance appropriés. De plus, un programme d'essais diélectriques approprié est exigé. L'Annexe E peut être consultée à titre de guide pour les programmes de maintenance et d'essai appropriés et exigés.

Annexe B
(normative)

Approprié aux travaux sous tension; double triangle
IEC-60417-5216:2002-10



Annexe C
(normative)

Procédure générale d'essai de type

Voir le Tableau C.1.

Tableau C.1 – Liste et ordre chronologique (si exigé) des essais de type

Ordre (si exigé)	Description	Paragraphe	
		Essai	Exigence
Essais sur les éprouvettes de bras isolant et composants traversant la section isolante			
1	Essai par ressuage (bras rempli de mousse uniquement)	6.5	5.7.2
2	Essais électriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide, ou Essai diélectrique sous pluie Essais électriques en courant continu avant et après immersion dans l'eau	6.6.2.1.3 6.6.2.3.1 6.6.2.1.4 6.6.2.2.3	5.7.2
Essais sur les éprouvettes de câble à fibres optiques			
	Essais électriques en courant alternatif avant et après conditionnement humide	6.6.2.3.1	5.7.5
	Essai après une entaille (si exigé)	6.6.2.3.2	
Essais sur les nacelles et doubles enveloppes			
	Essai de tenue en fonction de l'épaisseur sur les nacelles isolantes et doubles enveloppes	6.6.3	5.12.4.4
Essais sur le bras isolant avec ses raccords			
1	Essai de surcharge et de torsion	6.10.1.2	5.8.1
2	Essai de fatigue	6.10.1.3	5.8.1
Essais sur les dispositifs élévateurs isolants après montage			
	Vérification visuelle et dimensionnelle	6.2	5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4 5.1.6 5.4 5.5 5.6 5.7.2.2 5.7.2.3 5.7.3 5.7.4 5.7.6 5.7.7 5.7.9 5.7.10 5.7.11 5.11.1 5.11.3 5.11.6 5.11.7 5.11.8 5.12.1 5.12.2 5.12.3 5.12.4.1 5.12.4.2 5.12.4.3 5.12.4.4

Ordre (si exigé)	Description	Paragraphe	
		Essai	Exigence
			5.12.5 5.13 5.14 5.15
	Vérification fonctionnelle	6.3	5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4 5.1.5 5.2 5.3 5.8.2 5.9 5.11.2 5.11.3 5.11.4 5.12.2
	Durabilité du marquage	6.4	5.13
Essais diélectriques des systèmes d'isolation des <i>dispositifs élévateurs</i> complets			
	<i>Dispositifs élévateurs avec électrode d'essai inférieure</i> Essais diélectriques du système d'isolation supérieur Électrode d'essai inférieure Liaison équipotentielle	6.7.2.2 6.8 6.9	5.7.1 5.7.7 5.7.6
	<i>Dispositifs élévateurs sans électrode d'essai inférieure</i> Essais diélectriques du système d'isolation supérieur Essais diélectriques d'un <i>bras inférieur</i> avec un insert isolant ou d'un autre type de <i>système d'isolation du châssis</i>	6.7.3.1 6.7.3.1	5.7.1 5.7.1
	Essai de résistance électrique élevée des systèmes de commandes supérieures (lorsqu'ils sont identifiés en tant que tels)	6.7.3.2	5.1.6
	Essai diélectrique sur outils de manutention fixes	6.6.4	5.7.4
	Essai de résistance – Système de mise à la terre du châssis	5.7.11	5.7.11
	Fluage de la <i>plate-forme</i>	6.10.2	5.11.3
	Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide)	6.10.3 ^a	5.11.1
^a L'essai peut également être effectué séparément sur le système de protection contre le vide.			

Annexe D (normative)

Classification des défauts et essais à allouer

L'Annexe D a été élaborée pour traiter du niveau de défauts des *dispositifs élévateurs isolants* fabriqués pour montage sur un *châssis* (critique, majeur ou mineur) de manière cohérente (voir l'IEC 61318). Pour chaque exigence identifiée dans le Tableau D.1, le type de défaut et l'essai associé sont spécifiés.

Tableau D.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés

Exigences		Type de défauts			Essais
		Critique	Majeur	Mineur	
5.1	Commandes				
5.1.1	Opération d'activation	X			6.3
	- verrouillage	X			6.3
	- évitement des dangers liés aux parties mobiles	X			6.2; 6.3
	- marquage	X			6.2; 5.13
5.1.2	Doubles commandes	X			6.2; 6.3
5.1.3	Arrêt d'urgence	X			6.3
5.1.4	Commande des <i>stabilisateurs</i>	X			6.2; 6.3
5.1.5	Contrôle des commandes numériques	X			6.3
5.1.6	Système(s) de commande supérieure à résistance électrique élevée	X			6.2; 6.7.3.2
5.2	Défaillance de la source d'énergie	X			6.3
5.3	Rétablissement de l'alimentation après une défaillance	X			6.3
5.4	Protection de la course du bras		X		6.2
5.5	Inclinaison du châssis				
	- fourniture et visibilité de l'inclinomètre			X	6.2
	- fonctionnalité de l'inclinomètre	X			6.3
5.6	Goupilles de verrouillage	X			6.2
5.7	Domaine électrique				
5.7.1	Systèmes d'isolation				
	- Isolation adéquate	X			6.7
	- Empêcher le piégeage de l'humidité et des contaminants	X			6.3
	- Marquage des sections isolantes		X		6.2
5.7.2	Bras isolants				
5.7.2.1	Matériau isolant	X			6.5; 6.6; 6.7
5.7.2.2	Bras creux ouverts		X		6.2
5.7.2.3	Bras creux scellés		X		6.2
5.7.3	Flexibles hydrauliques isolants				
	- conformité à la norme	X			6.2
	- marquage	X			6.2
	- fluide correct	X			6.7
	- conduits pneumatiques isolants	X			6.7
	- instructions du fabricant			X	6.2
5.7.4	Outils de manutention fixes isolants	X			6.6.4
5.7.5	Câbles à fibres optiques isolants	X			6.6.2
5.7.6	Liaison équipotentielle	X			6.9
5.7.7	Électrode d'essai inférieure	X			6.8
5.7.8	Effet couronne		X		6.3; 6.7
5.7.9	Dispositifs de contrôle de gradient	X			6.2
5.7.10	Shuntage du système d'isolation du châssis	X			6.2
5.7.11	Système de mise à la terre du châssis		X		6.3

Exigences		Type de défauts			Essais
		Critique	Majeur	Mineur	
5.8	Exigences mécaniques particulières				
5.8.1	- conception structurelle - défaillance par flexion - défaillance par fatigue - matériau ductile - matériaux friables - chaîne et câble	X X X X X X			6.10.1.2 6.10.1.2; 6.10.1.3 6.10.1.3 6.3 6.3 6.3
5.8.2	Stabilité	X			ISO 16368:2010, 5.1.4.5
5.9	Vitesse de la structure extensible		X		ISO 16368:2010, 4.4.5
5.11	Système hydraulique				
5.11.1	- dépressurisation hydraulique - accès aux composants - instructions relatives à la maintenance périodique	X	X X		6.10.3 6.2 6.2
5.11.2	- montée en pression hydraulique	X			6.3
5.11.3	- protection du système - raccords corrects - mouvement indésirable	X X X			6.3; 6.10.2 6.2 6.3
5.11.4	- neutralisation des dispositifs de sécurité		X		6.3
5.11.5	- limiteur de pression		X		ISO 16363, 4.9.3
5.11.6	- résistance à l'éclatement – flexibles et raccords		X		6.2; 6.3
5.11.7	- indicateurs de niveau de fluide			X	ISO 16368:2010, 4.9.8
5.11.8	- propreté du fluide		X		ISO 16368:2010, 4.9.9
5.12	Plates-formes				
5.12.1	- sécurité		X		6.2; 6.3
5.12.2	- mise à niveau	X			6.3
5.12.3	- système de garde-corps		X		ISO 16368:2010, 4.6.3, 4.6.5, 4.6.7
5.12.4	Nacelles			X	6.4.2
5.12.4.1	- généralités			X	6.2
5.12.4.2	- nacelles non isolantes utilisées avec des doubles enveloppes isolantes - vide des trous - doubles enveloppes isolantes - double enveloppe supportée par la nacelle	X	X		6.2 6.6.3 6.2
5.12.4.3	- nacelles non isolantes utilisées sans double enveloppe			X	6.2
5.12.4.4	- nacelles isolantes	X			6.6.3
5.12.5	- fixations de sécurité du personnel - identification du système de protection contre les chutes	X X			ISO 16368:2010, 4.6.4 6.2
5.13	Marquage				
	- absence de marquage - marquage incorrect - durabilité du marquage - le marquage interfère avec les performances d'isolation	X X	X		6.2 6.2 6.4 6.7
5.14	Instructions d'utilisation				
	- absence d'information - informations incorrectes - informations incomplètes	X X	X		6.2 6.2 6.2

Annexe E (informative)

Entretien et maintenance

E.1 Généralités

Les *dispositifs élévateurs* utilisés pour les travaux sous tension assurent la protection de l'*opérateur* mais une défaillance peut contribuer à un incident. Par conséquent, il est important d'établir un programme de maintenance structuré et de former et qualifier officiellement les *opérateurs* en matière d'entretien et de maintenance (voir l'ISO 18893).

Après mise en service du *dispositif élévateur*, les essais périodiques et vérifications en service garantissent que les caractéristiques des équipements restent adéquates pour les travaux sous tension et conformes aux spécifications de conception.

Il convient que seules les *personnes dûment formées et qualifiées* effectuent un examen périodique et un nouvel essai électrique.

Il convient de déterminer la maintenance et sa périodicité sur la base des recommandations du *fabricant* et avec prise en considération du cycle de service du dispositif élévateur et des effets environnementaux comme la pollution et les conditions météorologiques.

Les *fabricants* appliquent diverses techniques de construction des bras isolants, chacune ayant ses propres spécificités. Il convient que les recommandations spécifiques du *fabricant* concernant l'entretien et la maintenance soient strictement observées dans tous les cas.

E.2 Entretien des composants isolants

E.2.1 Précautions pendant le transport

Les *dispositifs élévateurs* utilisés pour les travaux sous tension peuvent être exposés à des contaminants, tels que pluie, poussière de la route et sels de voirie et autres polluants atmosphériques, qui peuvent affecter les caractéristiques des bras isolants et réduire ainsi la rigidité diélectrique. De manière similaire, l'exposition à long terme au rayonnement ultraviolet peut affecter les propriétés isolantes. À cet effet, lorsque les composants isolants d'un dispositif élévateur sont exposés à un environnement difficile, il convient de veiller à utiliser des protecteurs pendant le transport et le stockage.

E.2.2 Entretien pendant les activités de travail

Un *dispositif élévateur isolant* est utilisé pour positionner un ou plusieurs *opérateurs* dans un environnement de travail sous tension et déplacer éventuellement les matériaux, appareils ou parties actives au moyen d'un mât de charge isolant.

Pour éviter les dommages, il convient de manœuvrer et déplacer le bras et le *mât de charge* de façon régulière et sans chocs brusques ou à-coups.

Il convient d'éviter tout contact direct avec les équipements externes comme les structures, les arbres, etc. Il est recommandé de maintenir une distance minimale de 100 mm en prévoyant un entrefer physique et visible.

Il convient de ne pas monter sur les outils, équipements et matériaux qui sont temporairement stockés sur la *plate-forme* et de les retirer des plates-formes dès que possible et avant stockage. De manière similaire, il convient de ne pas les faire tomber sur la plate-forme.

Pour protéger les propriétés isolantes et l'intégrité structurelle des *plates-formes* isolantes, il convient d'envisager l'utilisation d'une *double enveloppe* de protection ou d'un patin.

Il convient de ne pas utiliser le *dispositif élévateur* comme point d'appui pour forcer, pousser ou soulever. Il convient de ne pas déposer les conducteurs ou autres équipements sur les *plates-formes*.

Il convient d'utiliser uniquement le treuil pour les opérations de montée (levage) ou de descente. Il convient de ne pas l'utiliser dans une autre configuration sauf spécification explicite de la part du *fabricant*.

Il convient de ne pas dépasser la capacité assignée du *dispositif élévateur* en surchargeant ou dépassant les moments entraînant un retournement. Lors du transport des outils et équipements, il convient de veiller à ne pas dépasser la capacité de la *plate-forme*.

E.2.3 Stockage

Lors du stationnement des *dispositifs élévateurs* dans des bâtiments ou ateliers de maintenance dans lesquels des sources de chaleur sont présentes, il convient de protéger la partie isolante du *dispositif élévateur* contre tous dommages liés à une chaleur excessive. Les parties en fibres de verre peuvent être endommagées si leurs résines sont exposées à des températures supérieures ou égales à 80 °C.

E.3 Maintenance des composants isolants

E.3.1 Généralités

Il convient de maintenir les composants isolants du dispositif élévateur, c'est-à-dire, bras, plates-formes et, si disponible, mât de charge, dans un état propre et de les soumettre à un examen visuel par des *opérateurs* avant de commencer le travail.

Il convient d'établir un programme d'essais périodiques incluant un examen visuel plus détaillé et des essais diélectriques.

Il convient que seul le personnel dûment formé et qualifié puisse effectuer les examens et les essais électriques et mécaniques.

E.3.2 Nettoyage

Il est très important de maintenir les composants isolants du dispositif élévateur (notamment la partie interne des bras creux) dans un état propre.

Tout encrassement léger peut être éliminé à l'aide d'un chiffon non pelucheux. Il convient de ne pas utiliser de chiffons de dépoussiérage. En cas d'encrassement plus important, un chiffon non pelucheux légèrement imbibé d'un solvant approprié peut être utilisé.

NOTE Un solvant approprié est un solvant qui élimine les contaminants en surface et l'humidité et ne dégrade pas les propriétés diélectriques des composants isolants ou ne ramollit pas l'enduit gélifié. L'isopropanol (CH₃-CH(OH)-CH₃) est un exemple de solvant approprié.

Il convient de veiller à réaliser un nettoyage régulier en dépôt/centre de réparation à l'aide d'un détergent doux, comme recommandé par le *fabricant*. Noter que certains détergents peuvent laisser un résidu qui peut affecter les propriétés isolantes. Il convient de ne pas utiliser de nettoyants abrasifs.

Dans des conditions de saleté particulièrement importante, un lavage à chaud à haute pression peut être utilisé avec les restrictions suivantes:

- il convient que la température de l'eau ne dépasse pas 50 °C;

- il convient que la pression ne dépasse pas 690 kPa.

E.3.3 Siliconage ou application de cire

Avertissement: Une application incorrecte de silicone ou de cire peut attirer/développer des contaminants qui peuvent réduire les propriétés diélectriques des composants isolants.

Après le nettoyage, laisser la surface sécher.

Il convient d'appliquer ensuite une couche fine de silicone à l'aide d'un chiffon propre non pelucheux ou d'un pulvérisateur. Si l'application par pulvérisation est retenue, il convient d'essuyer la surface pulvérisée avec un chiffon non pelucheux pour éliminer tout excédent de matériau. Toutes les précautions nécessaires doivent être prises lors de la pulvérisation de silicone ou de cire. Il convient de suivre les instructions d'utilisation appropriées du *fabricant*.

La couche de silicone ou de cire peut être éliminée avec certains agents de nettoyage ou solvants.

E.4 Examen des composants isolants

E.4.1 Généralités

Il convient d'examiner les composants isolants des *dispositifs élévateurs* conformément aux recommandations du *fabricant* pour identifier les défauts ou dysfonctionnements de l'équipement. Il convient d'examiner avec précaution les éléments douteux et de déterminer par une *personne dûment formée et qualifiée* s'ils constituent un danger.

Les dommages structurels incluent les coupures qui peuvent résulter d'une collision avec des arêtes tranchantes. Il peut s'agir de trous ou de rainures, souvent dans le cas des fibres de verre cassées et exposées. Les dommages structurels incluent également les traces d'abrasion dues au choc avec un bord émoussé comme les branches d'arbre, les poteaux, etc., et caractérisées par des marques légères de fendillement. La surcharge a tendance à provoquer un flambage du bras à côté de la base du côté opposé de la force appliquée, entraînant des fissures, gonflements ou froissements sur ou à côté de la fixation en acier.

Il convient de remplacer ou réparer tous les éléments dangereux avant d'utiliser le *dispositif élévateur*.

Il convient d'effectuer l'examen juste après le nettoyage. Il convient d'essuyer l'extérieur des composants isolants comme le bras, les *plates-formes* et le *mât de charge* avec un chiffon non pelucheux. Si nécessaire, le chiffon peut être légèrement humidifié avec un solvant approprié.

E.4.2 Examen avant démarrage

E.4.2.1 Objet

Le but de cet examen est d'identifier les défauts qui peuvent être survenus pendant le travail précédent, les périodes de stockage, etc. L'examen est principalement visuel, même s'il convient que l'*opérateur* écoute les bruits audibles anormaux qui peuvent être présents ou se produire pendant les vérifications fonctionnelles.

Dans tous les cas, la première vérification doit confirmer que le *dispositif élévateur isolant* et les autres essais des composants isolants peuvent être validés.

E.4.2.2 Généralités

Il convient d'effectuer un examen visuel et une vérification fonctionnelle avant le début des travaux et d'enregistrer de préférence les résultats sur un registre pro forma.

Il convient d'examiner visuellement les composants isolants quant à l'éventuelle présence de dommages de surface (par exemple, fissures, délaminage, rayures profondes, etc.).

Pour un bras creux scellé, il convient de vérifier les performances du système d'étanchéité. Par exemple, il convient de vérifier l'état du dessiccant, le cas échéant. Une couleur bleue indique que le dessiccant est satisfaisant.

Il convient d'examiner visuellement les composants mécaniques (axes, dispositifs de retenue, etc.) en termes d'irrégularité apparente.

Il convient de manœuvrer le *dispositif élévateur*, une fois stabilisé, sur un cycle complet à partir des *commandes au sol*, sans aucune personne sur les *plates-formes*, afin de vérifier les fonctions. Il convient d'effectuer une vérification en termes de fuites de liquide, de ligne de fuite du vérin, de bruits inhabituels, de dysfonctionnements, de mouvements erratiques ou autre situation anormale.

Il convient de vérifier le système d'alimentation d'urgence et le système d'arrêt d'urgence pour garantir la manœuvre correcte.

Il convient de vérifier les dispositifs d'avertissement visuels et sonores.

Le cas échéant, il convient de vérifier les anneaux de garde en termes de dommages. Il convient de vérifier l'état de la liaison équipotentielle et d'effectuer un essai de courant de fuite selon E.5.1.1.

E.4.2.3 Examen avant démarrage des plates-formes et des doubles enveloppes

Il convient d'examiner le plancher de la *plate-forme* en termes de saletés ou autres matériaux qui pourraient endommager la *plate-forme* ou, dans le cas de manœuvres au potentiel, empêcher tout bon contact entre le plancher et les chaussures conductrices. Il convient d'examiner l'extérieur de la *plate-forme* en termes de dommages physiques (fissures, délaminage, etc.) et de l'essuyer avec un chiffon propre non pelucheux légèrement imbibé d'un solvant approprié.

Si elles sont utilisées, il convient d'examiner les *doubles enveloppes* de la *plate-forme* en termes de dommages physiques, notamment les perforations ou fissures.

Il convient d'éliminer les débris et résidus avant de commencer le travail.

E.4.3 Examens fréquents et annuels des dispositifs élévateurs

Il convient de définir les intervalles de temps sur la base des recommandations du *fabricant* et selon d'autres facteurs comme l'activité, la dureté du service, l'environnement.

Outre ces éléments détaillés dans l'ISO 18893 et dans les paragraphes E.4.1 et E.4.2, il convient d'examiner au minimum ce qui suit:

- a) les composants isolants et éléments structurels en termes de déformation, fissures ou corrosion;
- b) les liquides isolants en termes de propriétés diélectriques;
- c) l'état du système de contrôle du courant de fuite;
- d) le fonctionnement du système de protection contre le vide.

E.5 Essais

E.5.1 Essais périodiques électriques

E.5.1.1 Généralités

Il convient d'effectuer les essais à haute tension conformément à l'IEC 60060-1.

Il convient que les essais périodiques à haute tension, lorsqu'ils sont effectués en stricte conformité avec le présent document, n'endommagent ni ne dégradent les composants isolants. Les essais de l'Annexe E ne doivent pas être confondus avec ceux exigés dans le cadre des essais de conception, de qualification et d'acceptation du *fabricant*. Ces essais détectent également les défauts de rigidité diélectrique des flexibles isolants et tiges de *commande* qui longent le bras isolant.

Il convient de soumettre à l'essai les composants isolants conformément aux Tableaux E.1, E.2 et E.3.

Lorsque le dispositif élévateur doit être utilisé pour des travaux au potentiel en courant continu, il convient de soumettre à l'essai les composants isolants conformément au Tableau E.4.

Avant de procéder aux essais électriques, il convient de nettoyer les composants isolants. Les dispositions de E.3.2 constituent des préconisations concernant le nettoyage et celles de E.3.3 concernent l'application de silicone ou de cire.

Il convient de documenter le montage d'essai pour les besoins de répétabilité. Il convient d'enregistrer les informations détaillées relatives à la *hauteur assignée de la plate-forme* de la PEMP et à la configuration du bras.

Tableau E.1 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques électriques des dispositifs élévateurs isolants avec système d'électrode d'essai inférieure pour les applications en courant alternatif

	Essai en courant alternatif				Essai en courant continu		
	Tension assignée du dispositif élévateur kV en valeur efficace	Tension d'essai kV en valeur efficace	Courant maximal admissible du bras μA/kV	Durée d'essai s	Tension d'essai ^a kV	Courant maximal admissible du bras μA/kV	Durée d'essai s
Essai du système d'isolation supérieur	U_r	$1,5U_r/\sqrt{3}$	1	60	$2,1U_r/\sqrt{3}$	0,5	180

^a Pour les besoins du présent document, l'équivalent en courant continu est la tension d'essai efficace multipliée par un facteur de 1,4.

Tableau E.2 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques des dispositifs élévateurs isolants sans système d'électrode d'essai inférieure pour les applications en courant alternatif

	Essai en courant alternatif				Essai en courant continu			
	Tension assignée du dispositif élévateur kV en valeur efficace	Tension d'essai kV en valeur efficace	Courant maximal admissible du bras μA	Durée d'essai s	Tension assignée du dispositif élévateur kV en valeur efficace	Tension d'essai ^a kV	Courant maximal admissible du bras μA	Durée d'essai s
Essai du système d'isolation supérieur	≤ 80	40	400	60	≤ 80	56	56	180
^a Pour les besoins du présent document, l'équivalent en courant continu est la tension d'essai efficace multipliée par un facteur de 1,4.								

Tableau E.3 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques électriques des composants isolants des dispositifs élévateurs pour les applications en courant alternatif

Composant	Tension d'essai kV en valeur efficace	Courant de fuite maximal admissible en surface μA	Durée d'essai s	Critères
Insert du bras inférieur	35	3 000	180	Il convient que ni amorçage, ni contournement ou perforation, ni échauffement ne se produisent (tolérance 10 °C).
Nacelle isolante / double enveloppe	35	-	60	Ni contournement, ni perforation
Mât de charge isolant	60 par mètre 100 max	1 000	60	Il convient que ni amorçage, ni contournement ou perforation, ni échauffement ne se produisent (tolérance 10 °C).
Essais facultatifs en courant continu				
Insert du bras inférieur	50	100	180	Il convient que ni amorçage, ni contournement ou perforation, ni échauffement ne se produisent (tolérance 10 °C).
Nacelle isolante / double enveloppe	100	-	180	Ni contournement, ni perforation

Tableau E.4 – Valeurs d'essais électriques pour les essais périodiques électriques des dispositifs élévateurs isolants à système d'électrode d'essai inférieure pour les applications en courant continu

	Essai en courant continu			
	Tension assignée du dispositif élévateur (pôle positif-pôle négatif) kV	Tension d'essai kV	Courant maximal admissible du bras μ A	Durée d'essai s
Essai du système d'isolation supérieur	U	$1,6U$	$0,8U$	60

E.5.1.2 Procédure pour les essais périodiques électriques du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure

Le montage d'essai est comme représenté à la Figure 15.

S'il existe, l'insert du *bras inférieur* ou le *système d'isolation du châssis* est shunté pendant la durée de cet essai. Les *articulations* sont également shuntées. Un pont approprié est un conducteur en cuivre d'une section de 32 mm².

Tous les matériaux conducteurs à l'extrémité supérieure du bras isolant sont reliés électriquement pendant la durée de l'essai. La *double enveloppe* métallique doit être insérée dans la *nacelle* des dispositifs élévateurs utilisés pour les travaux au potentiel et y être reliée.

Tous les flexibles faisant partie du système d'isolation supérieur sont complètement remplis de fluide non conducteur ou isolant pendant l'essai.

Le *châssis* du véhicule est mis à la terre.

La continuité entre les bandes métalliques d'"essai" de contrôle et la prise est vérifiée avant d'effectuer l'essai. Le mesureur de courant est relié entre la prise du mesureur de courant et la terre à l'aide d'un câble blindé.

La source de tension peut être en courant alternatif ou en courant continu conformément au Tableau E.1.

E.5.1.3 Procédure pour les essais périodiques électriques du système d'isolation supérieur des dispositifs sans système d'électrode d'essai inférieure

Les montages d'essai sont comme représentés à la Figure 16 et à la Figure E.1 (uniquement pour le courant continu).

S'il existe, l'insert du *bras inférieur* ou le *système d'isolation du châssis* est shunté pendant la durée de cet essai. Les *articulations* sont également shuntées. Un pont approprié est un conducteur en cuivre d'une section de 32 mm².

Tous les matériaux conducteurs à l'extrémité supérieure du bras isolant sont reliés électriquement pendant la durée de l'essai.

Tous les flexibles faisant partie du système d'isolation supérieur sont complètement remplis de fluide isolant pendant l'essai.

Pour le montage d'essai de la Figure 16, les roues et stabilisateurs (si applicable) reposent sur un matériau isolant. Le mesureur de courant est relié entre le *châssis* du véhicule et la terre à l'aide d'un câble blindé.

Pour le montage d'essai de la Figure E.1, le *châssis* du véhicule est mis à la terre. Les roues et *stabilisateurs* ne reposent pas nécessairement sur un matériau isolant et le mesureur de courant est relié entre la source de tension et la *plate-forme*, à l'aide d'un câble blindé.

La source de tension peut être en courant alternatif ou en courant continu, conformément au Tableau E.2.

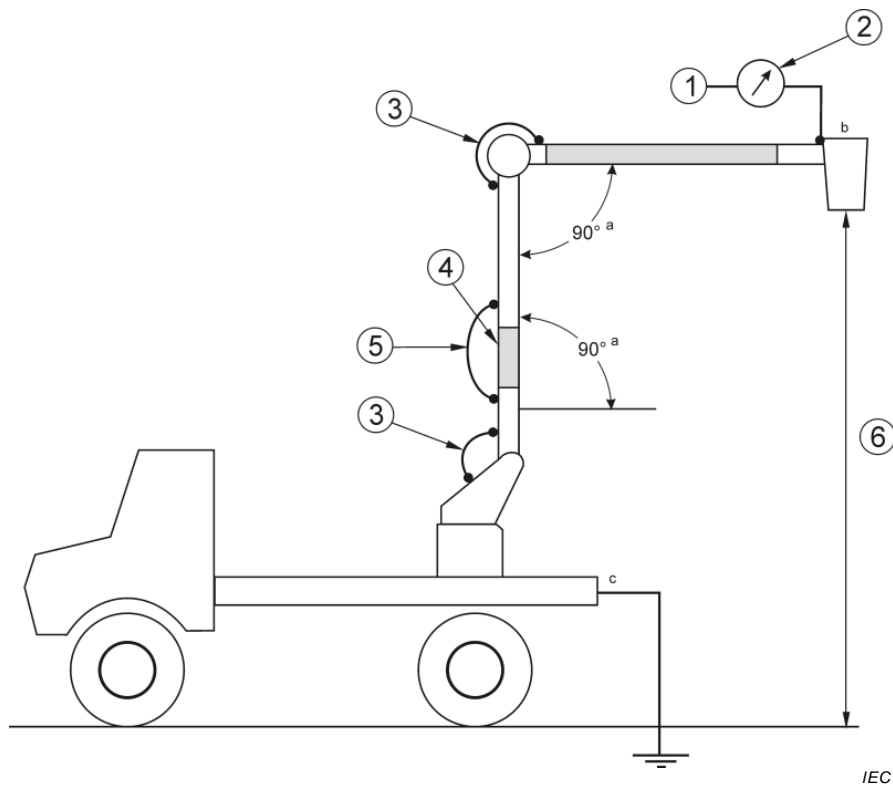


Figure E.1a – Dispositifs élévateurs à bras non extensible

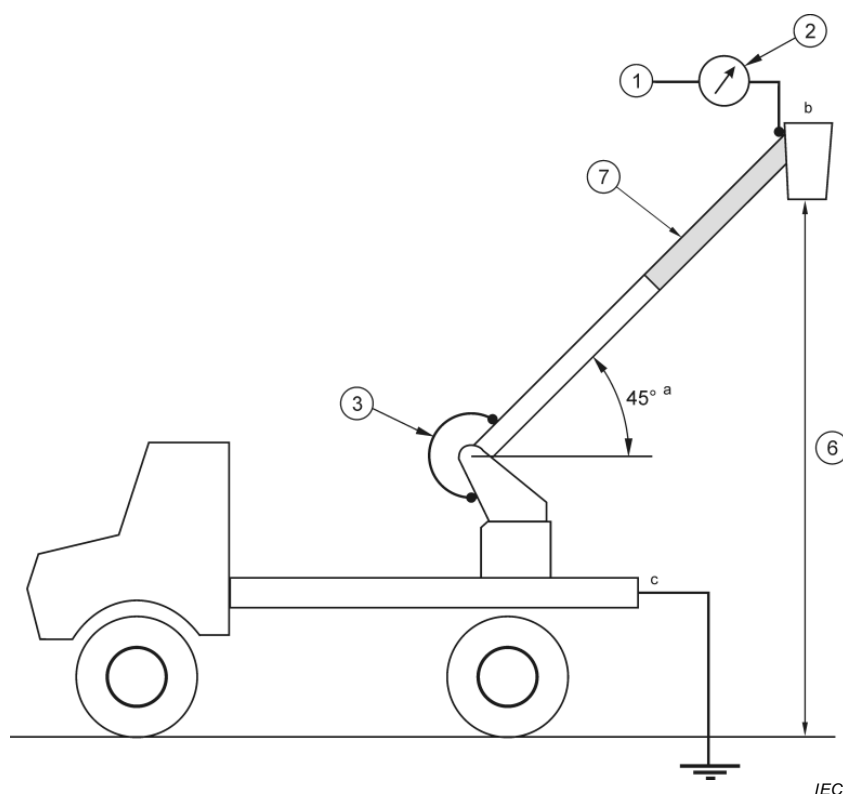


Figure E.1b – Dispositifs élévateurs à bras extensible

Légende

- | | |
|---|--|
| 1 source de tension en courant continu uniquement | 5 shunt d'insert isolant |
| 2 mesureur de courant | 6 hauteur de <i>plate-forme</i> enregistrée en termes de cohérence ou de duplication des résultats d'essai |
| 3 tresse de liaison | 7 section isolante déployée selon le déploiement minimal exigé par le fabricant |

4 insert isolant

^a Ces positions de bras s'appliquent aux essais en extérieur. D'autres positions sont acceptables pour les essais en intérieur par exemple. Enregistrer les positions employées pour les essais dans la documentation d'essai pour des besoins de répétabilité.

^b Les matériaux conducteurs situés à l'extrémité de la *plate-forme* du bras isolant doivent être reliés électriquement pendant l'essai, conformément aux instructions du *fabricant*.

^c Le banc d'essai ou le *châssis* doit être mis à la terre.

Figure E.1 – Essai en courant continu uniquement du système d'isolation supérieur des dispositifs sans système d'électrode d'essai inférieure installé de manière permanente

E.5.1.4 Procédures d'essais périodiques électriques de l'insert isolant du bras inférieur ou d'un autre type de système d'isolation du châssis

Les montages d'essai sont comme représentés à la Figure 17 et à la Figure E.2 (uniquement pour le courant continu).

Les shunts de l'insert du *bras inférieur* ou des *systèmes d'isolation de châssis* sont retirés.

Tous les flexibles faisant partie du système d'isolation supérieur sont complètement remplis de fluide isolant pendant l'essai.

Pour le montage d'essai de la Figure 17, les roues et *stabilisateurs* (si applicable) reposent sur le matériau isolant. Le mesureur de courant est relié entre le *châssis* du véhicule et la terre à l'aide d'un câble blindé.

Pour le montage d'essai de la Figure E.2, le *châssis* du véhicule est mis à la terre. Les roues et *stabilisateurs* ne reposent pas nécessairement sur le matériau isolant. Le mesureur de courant est relié entre la source de tension et le côté haute tension de l'insert du *bras inférieur* ou le *système d'isolation du châssis*, à l'aide d'un câble blindé.

La source de tension peut être en courant alternatif ou en courant continu, conformément au Tableau E.3.

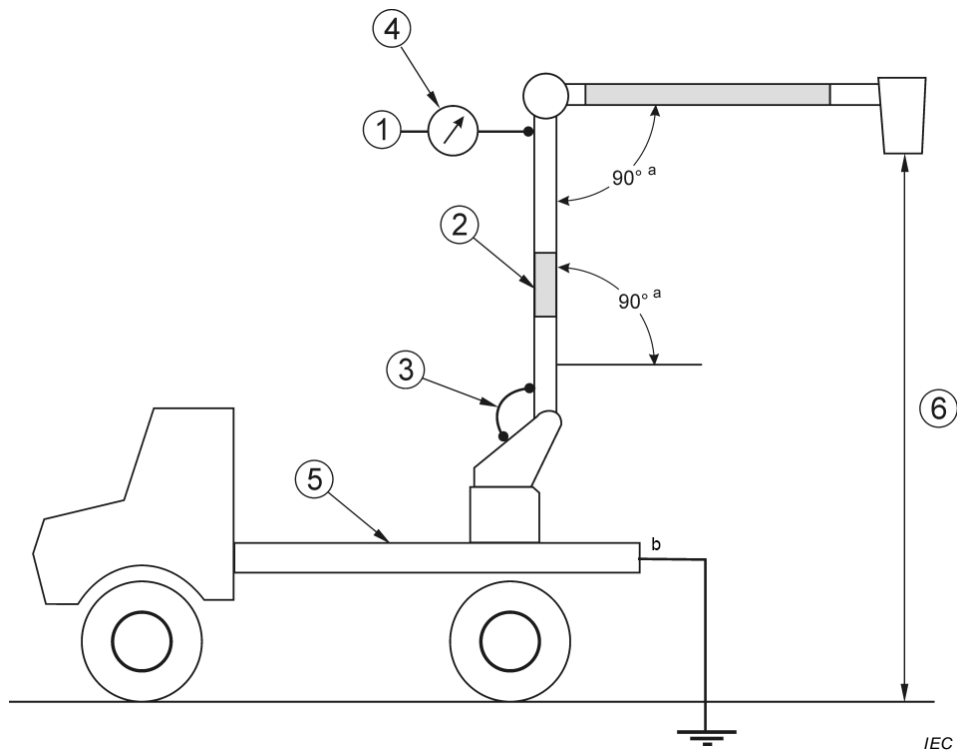


Figure E.2a – Système d'isolation du châssis dans le bras inférieur

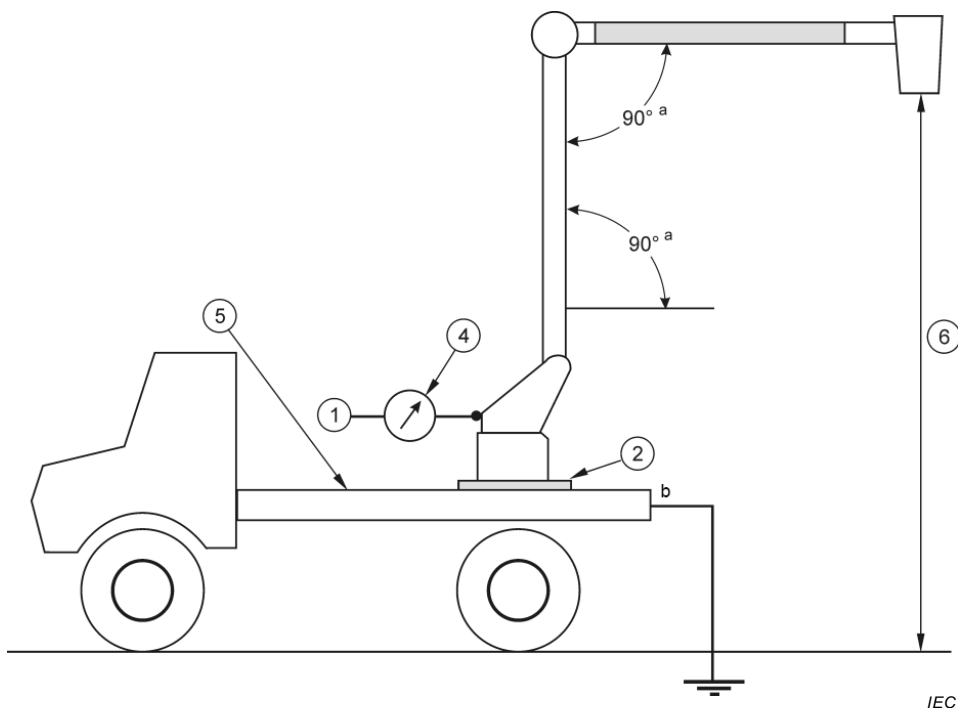


Figure E.2b – Système d'isolation du châssis entre le châssis et la tourelle

Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | source de tension en courant continu uniquement | 4 | mesureur de courant |
| 2 | système d'isolation du châssis | 5 | châssis ou banc d'essai |
| 3 | tresse de liaison | 6 | hauteur de <i>plate-forme</i> enregistrée en termes de cohérence ou de duplication des résultats d'essai |
- ^a Ces positions de bras s'appliquent aux essais en extérieur. D'autres positions sont acceptables pour les essais en intérieur par exemple. Enregistrer les positions employées pour les essais dans la documentation d'essai pour les besoins de répétabilité.
- ^b Le banc d'essai ou le *châssis* doit être mis à la terre.

Figure E.2 – Essai en courant continu uniquement de l'insert du bras inférieur isolant ou du système d'isolation du châssis

E.5.1.5 Procédures d'essais périodiques électriques sur site du système d'isolation supérieur des dispositifs avec système d'électrode d'essai inférieure

S'il existe, l'insert du *bras inférieur* ou le *système d'isolation du châssis* est shunté pendant la durée de cet essai. Les *articulations* sont également shuntées à l'aide de ponts appropriés.

Tous les matériaux conducteurs à l'extrémité supérieure du bras isolant sont reliés électriquement pendant la durée de l'essai. La *double enveloppe* métallique des dispositifs élévateurs utilisés pour les travaux au potentiel est insérée dans la *plate-forme* et y est reliée.

Tous les flexibles faisant partie du système d'isolation supérieur sont complètement remplis de fluide isolant pendant l'essai.

Le *châssis* du véhicule est mis à la terre.

Un dispositif de mesure de courant (ampèremètre/shunt) est relié entre la prise du mesureur de courant et la terre à l'aide d'un câble blindé.

La tension minimale du circuit d'essai est au moins égale à celle de tout circuit sur lequel le dispositif élévateur doit être utilisé mais pas supérieure à la *tension assignée du dispositif élévateur*. L'essai est effectué pendant une période de 180 s. Il convient que le courant maximal admissible ne dépasse pas 1 $\mu\text{A/kV}$ en courant alternatif ou 0,5 $\mu\text{A/kV}$ en courant continu.

E.5.1.6 Procédure d'essai périodique des systèmes de commandes supérieures à résistance électrique élevée (lorsqu'ils sont identifiés en tant que tels)

Il convient de soumettre à l'essai les systèmes de *commandes* supérieures à résistance électrique élevée (lorsqu'ils sont identifiés en tant que tels) conformément à 6.7.3.2.

E.5.1.7 Procédure d'essais périodiques électriques sur les outils de manutention fixes isolants

Il convient de soumettre à l'essai les *outils de manutention fixes* conformément à 6.6.4.

E.5.1.8 Procédure d'essai périodique électrique des nacelles isolantes/doubles enveloppes

Les *nacelles* isolantes ou *doubles enveloppes* sont soumises à l'essai conformément à 6.6.3 mais la tension d'essai est conforme à celle indiquée dans le Tableau E.3.

Il convient qu'il n'y ait ni contournement ni perforation de la *double enveloppe* ou de la *nacelle*.

E.5.2 Essai mécanique – Essais d'émission acoustique

Lorsque cela est spécifié par un *fabricant* ou exigé par un utilisateur, un essai d'émission acoustique peut être effectué et les données comparées à celles du bras lorsque ce dernier est neuf.

L'essai d'émission acoustique est réalisé pour détecter et localiser spécialement des sources d'émission. La vérification de ces sources d'émission peut exiger la réalisation d'autres méthodes d'essai non destructif, telles que radiographie, ultrasons, magnétoscopie, ressuage et examen visuel.

Pour de plus amples informations, voir les normes ASTM F914 et ASTM F1430.

E.6 Enregistrements

Il convient de conserver les enregistrements des examens et des essais fréquents et annuels pendant la durée d'exploitation du *dispositif élévateur*.

Il convient que l'enregistrement comporte au minimum les informations suivantes:

- défauts et action corrective;
- date d'examen ou d'essai;
- nom et signature de la personne autorisée qui a effectué ou supervisé l'examen ou l'essai.

E.7 Réparation/remise en état

Il convient que les réparations, mises en état ou modifications aient strictement lieu conformément aux recommandations du *fabricant* et qu'elles soient effectuées par ou sous la supervision d'une *personne dûment formée et qualifiée*. Il convient que le *dispositif élévateur* ne soit réparé que par les entités qualifiées.

Il convient de conserver un enregistrement détaillé de tous les travaux de maintenance et de réparation effectués sur le *dispositif élévateur*.

Il convient que les pièces de rechange satisfassent au minimum aux spécifications du *fabricant*.

Lorsqu'un flexible hydraulique isolant doit être remplacé, il convient que le nouveau flexible satisfasse au minimum aux exigences du présent document pour les flexibles hydrauliques isolants. Lorsqu'un composant qui fait partie du système d'isolation, tel qu'un flexible, une mire de nivellement, un support, une tige ou un conduit, a été remplacé dans la partie isolante du bras en fibres de verre, il convient d'effectuer un essai électrique conformément à E.5.1.4 à la tension assignée du *dispositif élévateur* avant de remettre l'unité en service. Il convient d'enregistrer les résultats d'essai et de les conserver dans un fichier.

A l'issue de la réparation ou du remplacement de l'insert du bras isolant (ou d'un autre type de *système d'isolation du châssis*), il convient d'effectuer un essai électrique conformément à E.5.1.4 avant de remettre l'unité en service. Il convient d'enregistrer les résultats d'essai et de les conserver dans un fichier.

Il convient de ne pas retirer ou réparer les anneaux de garde, sauf si cela est effectué par une *personne dûment formée et qualifiée*.

A l'issue de la réinstallation et/ou de la réparation de l'anneau de garde, il convient d'effectuer un essai électrique conformément à E.5.1.5 à la tension assignée du *dispositif*

élévateur avant de remettre l'unité en service. Il convient d'enregistrer les résultats d'essai et de les conserver dans un fichier.

A l'issue de toute réparation majeure du bras isolant supérieur, un essai d'acceptation du *dispositif élévateur* doit être effectué conformément au Tableau 1 (ou au Tableau 2 si le *dispositif élévateur* est utilisé pour des applications en courant continu) à la tension assignée du *dispositif élévateur* et l'unité doit être de nouveau certifiée avant d'être remise en service. Les réparations majeures comprennent le remplacement de la section de fibres de verre du bras isolant supérieur et/ou la reprise du revêtement ou de la peinture des surfaces extérieure ou intérieure du bras. Il convient de conserver une certification d'essai du *dispositif élévateur* dans un fichier.

Lorsque les travaux impliquent le système de mise à niveau, ou affectent la stabilité ou l'intégrité mécanique ou hydraulique du dispositif, il convient d'effectuer les essais mécaniques appropriés conformément à 6.10, d'enregistrer les résultats et de les conserver dans un fichier avant de remettre en service le *dispositif élévateur*.

E.8 Neutralisation des dispositifs de sécurité

Les dispositifs de sécurité ne doivent pas pouvoir être neutralisés pendant le fonctionnement normal ou le sauvetage sauf dans les cas d'application des procédures de *neutralisation* en toute sécurité spécifiées par le *fabricant*. Il convient de procéder à la *neutralisation* des dispositifs de sécurité pendant les essais, la réparation ou la maintenance d'un dispositif élévateur conformément aux recommandations et procédures du *fabricant*.

E.9 Entretien, maintenance et examen périodique lorsque les dispositifs élévateurs isolants sont utilisés dans d'autres applications que les travaux sous tension

Les utilisateurs de *dispositifs élévateurs* couverts par le présent document peuvent porter un intérêt aux propriétés non conductrices (isolantes) lorsqu'ils effectuent des travaux autres que des travaux sous tension. Dans ces circonstances, même si le risque électrique est de nature différente et peut sembler mineur, il est important que les utilisateurs assurent l'entretien, la maintenance et l'examen périodique, comme recommandé dans l'Annexe E.

De plus, il convient qu'un acheteur d'un dispositif élévateur déjà utilisé et initialement fabriqué pour les travaux sous tension (marqué avec le symbole d'un double triangle) vérifie que les propriétaires initiaux et suivants ont appliqué les exigences du présent document pour garantir l'intégrité des caractéristiques non conductrices (isolantes).

Annexe F (informative)

Dépressurisation hydraulique (protection contre le vide) (voir 5.11.1 et 6.10.3)

F.1 Généralités

Le Paragraphe 5.11.1 définit à quel moment un système destiné à empêcher la dépressurisation hydraulique est exigé. Le système peut comprendre des clapets antiretour en ligne pour maintenir le fluide dans les conduits et des clapets atmosphériques pour laisser l'air entrer dans les conduits à l'*extrémité du bras* pour empêcher la formation d'un vide qui réduirait la rigidité diélectrique dans ces conduits.

Les clapets antiretour en ligne sont généralement installés dans un emplacement facilement accessible au-dessous de la partie isolante du bras. Par exemple, les clapets antiretour en ligne sont généralement installés au niveau de la zone de l'*articulation* sur les *dispositifs élévateurs* à bras articulé. Les clapets antiretour atmosphériques sont installés dans tous les conduits hydrauliques qui traversent le bras isolant.

Les *fabricants* emploient divers modèles et composants dans le système de dépressurisation hydraulique (protection contre le vide). Il convient que les recommandations spécifiques du *fabricant* concernant l'entretien et la maintenance soient strictement observées dans tous les cas.

F.2 Clapets antiretour en ligne

F.2.1 Généralités

Les clapets antiretour en ligne sont installés dans les conduits hydrauliques qui traversent le bras isolant pour maintenir une colonne de fluide dans les conduits hydrauliques du bras isolant.

Une colonne pleine de fluide dans le ou les conduits hydrauliques empêche la dépressurisation dans le conduit qui peut entraîner la formation d'un vide partiel dans le ou les conduits. L'emplacement du clapet antiretour en ligne est déterminé par le *fabricant*, il est généralement situé dans le bras isolant sous la partie isolante. La pression assignée du ou des clapets antiretour est supérieure à la pression résultant du poids du fluide hydraulique dans le conduit ayant un effet sur la soupape pour déloger le clapet antiretour et, toute pression négative du côté soupape (c'est-à-dire, dépressurisation dans le conduit hydraulique au-dessous du clapet antiretour en raison de la vidange par gravité du fluide du conduit dans la partie non isolante du dispositif élévateur). La Figure F.1 représente un montage type d'installation et d'essai des clapets antiretour en ligne pour le système de protection contre le vide du bras isolant.

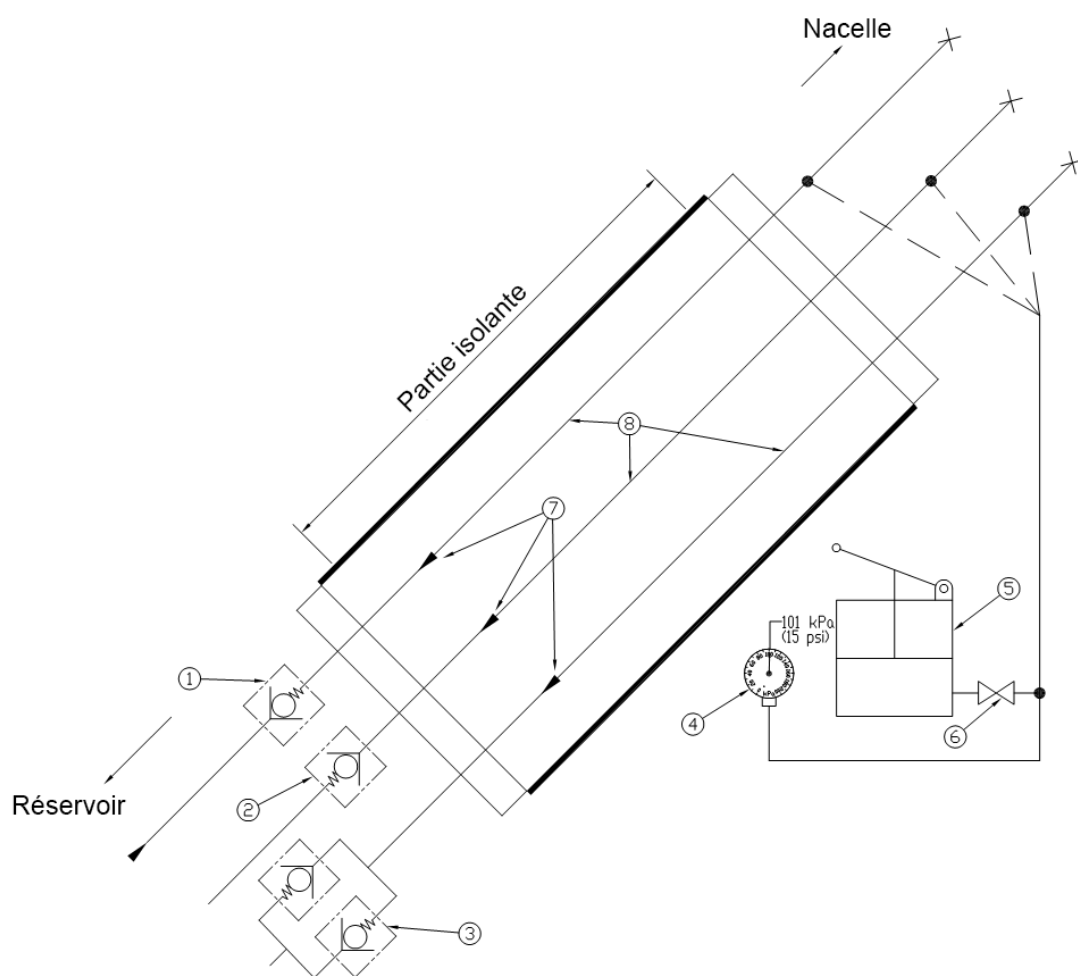
Les clapets antiretour unidirectionnels peuvent être utilisés pour les conduits dans lesquels le flux s'écoule dans une seule direction (par exemple, un conduit sous pression ou de refoulement). Les clapets antiretour bidirectionnels peuvent être utilisés lorsque le sens d'écoulement dans le ou les conduits est exigé dans les deux directions (par exemple, conduits du bras et de manutention de matériau).

F.2.2 Essais des clapets antiretour en ligne (procédure d'essai type – voir Figure F.1)

- a) Il convient de soumettre à l'essai le fluide hydraulique dans le ou les conduits à la température ambiante.

- b) Le conduit hydraulique à soumettre à l'essai est relié à l'extrémité de la nacelle du conduit.
- c) Avec une pompe à commande manuelle (ou source de pression variable) reliée au conduit soumis à l'essai (Figure F.1, Point 5), et le robinet d'isolement (Point 6) ouvert, la pression est augmentée à 101 kPa.
- d) Le robinet d'isolement est fermé et la pression dans le conduit est surveillée pendant 5 min. La pression doit rester constante (± 2 kPa) à 101 kPa pendant la période d'essai de 5 min.
- e) L'essai est répété pour chacun des conduits hydrauliques traversant le bras isolant comportant un clapet antiretour en ligne.

NOTE L'essai peut être effectué sur chacun des clapets antiretour en ligne comme un "essai au banc" avant l'installation du clapet antiretour. La pression d'essai est appliquée au clapet antiretour, selon le fonctionnement du clapet antiretour (par exemple, conduit sous pression, de refoulement, de manutention), dans la direction (Point 7) indiquée dans la Figure F.1.



IEC

Légende

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1 | Clapet antiretour unidirectionnel (par exemple, conduit sous pression) | 5 | Pompe à commande manuelle (ou source de pression variable) |
| 2 | Clapet antiretour unidirectionnel (par exemple, conduit de refoulement) | 6 | Robinet d'isolement |
| 3 | Clapet antiretour bidirectionnel (par exemple, conduit de manutention de matériau) | 7 | Sens d'application de la pression d'essai |
| 4 | Manomètre | 8 | Conduits hydrauliques dans la section isolante |

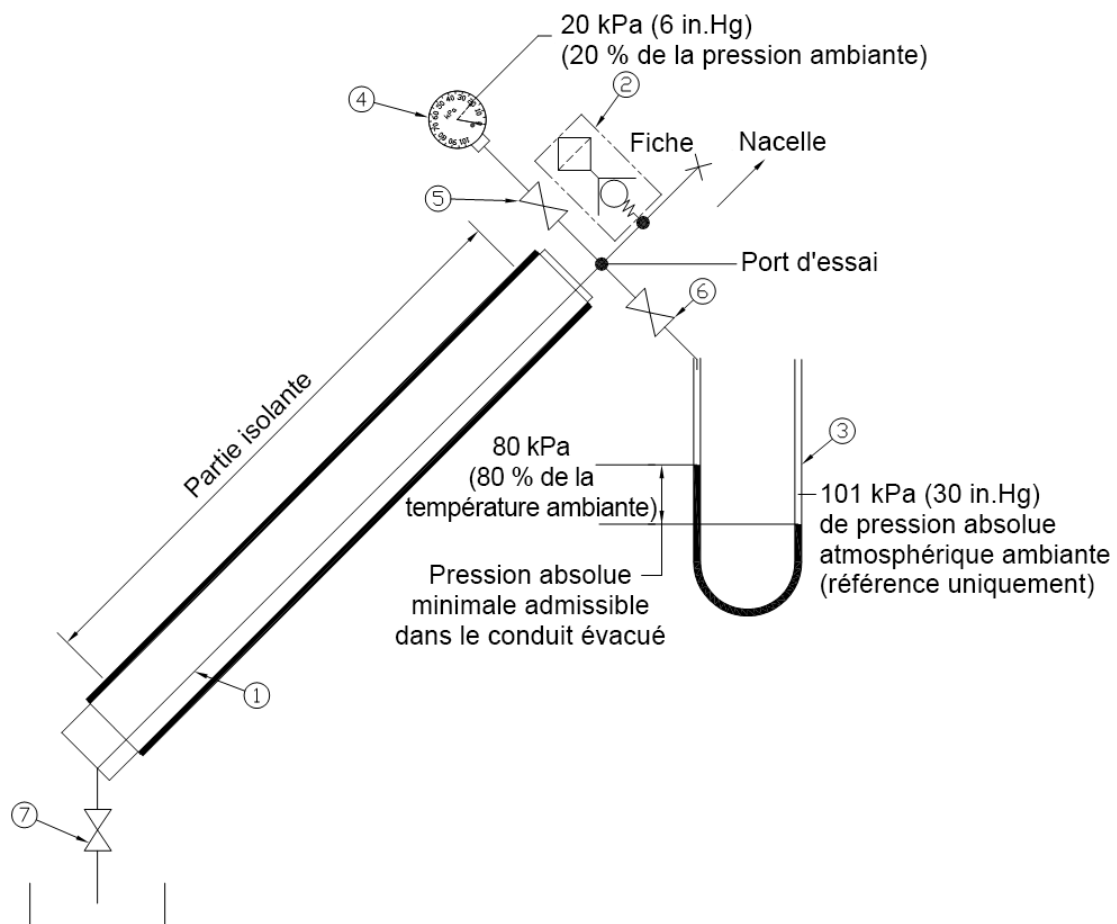
Figure F.1 – Essai des clapets antiretour en ligne pour le système de protection contre le vide du bras isolant

F.3 Ensemble clapet antiretour atmosphérique

F.3.1 Généralités

Les clapets antiretour atmosphériques sont installés dans les conduits hydrauliques traversant le bras isolant au-dessus de la partie isolante (c'est-à-dire, à l'extrémité de la nacelle du bras isolant). Si, sous l'effet de la gravité, le fluide hydraulique est évacué dans un conduit hydraulique dans la partie isolante du bras, la dépressurisation dans le conduit entraîne la formation d'un vide partiel dans la zone évacuée du conduit, réduisant ainsi la rigidité diélectrique et pouvant provoquer un claquage électrique. Les clapets antiretour atmosphériques limitent la quantité de dépressurisation en laissant l'air entrer dans la zone évacuée du conduit et en rétablissant la rigidité diélectrique. Le clapet antiretour atmosphérique doit s'ouvrir à l'atmosphère pour maintenir la pression absolue dans la zone évacuée du conduit supérieure ou égale à 80 % de la pression atmosphérique ambiante. Un reniflard/filtre est généralement intégré dans l'ensemble clapet antiretour atmosphérique pour empêcher les contaminants atmosphériques de pénétrer dans le conduit.

La Figure F.2 représente un montage type d'installation et d'essai des clapets antiretour atmosphériques comme composant du système de protection contre le vide.



Légende

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Conduit hydraulique soumis à l'essai | 5 | Robinet d'isolement (vacuomètre) |
| 2 | Ensemble clapet antiretour atmosphérique | 6 | Robinet d'isolement (manomètre) |
| 3 | Manomètre différentiel (voir F.3.2, Note 2) | 7 | Robinet d'isolement (conduit soumis à l'essai) |
| 4 | Vacuomètre (alternative – voir F.3.2, Note 1) | | |

Figure F.2 – Essai de l'ensemble clapet antiretour atmosphérique pour le système de protection contre le vide du bras isolant

F.3.2 Essais des clapets antiretour atmosphériques (procédure d'essai type – voir Figure F.2)

- a) Installer un robinet d'isolement (Figure F.2, Point 7) dans le conduit hydraulique soumis à l'essai au-dessous de la partie isolante du bras isolant.
- b) Brancher le conduit hydraulique soumis à l'essai au-dessus du clapet antiretour atmosphérique.
- c) Brancher un manomètre différentiel et un robinet d'isolement (Points 3, 6) sur le port d'essai. Ouvrir le robinet d'isolement.
- d) Soulever suffisamment le bras isolant pour laisser le fluide s'évacuer du conduit soumis à l'essai.
- e) Ouvrir légèrement le robinet d'isolement inférieur (Point 7) jusqu'à ce que le fluide commence à s'évacuer du conduit.
- f) Surveiller le relevé du manomètre différentiel lorsque le fluide s'évacue du conduit. Il doit être supérieur à 80 % de la pression atmosphérique ambiante à tout moment au cours de l'essai.

Le Tableau F.1 présente les pressions atmosphériques ambiantes types à des altitudes au-dessus du niveau de la mer et la pression maximale et minimale admissible dans le conduit.

Tableau F.1 – Formation admissible d'un vide dans les conduits hydrauliques (ajusté en fonction de l'altitude)

Altitude m (pieds)	Pression atmosphérique absolue (Type)		Pression absolue minimale admissible (dans le conduit)		Vide maximal admissible (jauge) (dans le conduit)	
	kPa	inHg	kPa	inHg	kPa	inHg
Niveau de la mer	101	29,9	80	24	21	6,0
305 (1 000)	98	28,9	75	23,1	23	5,8
610 (2 000)	94	27,8	75	22,2	19	5,6
914 (3 000)	91	26,8	73	21,4	18	5,4
1 220 (4 000)	87	25,8	70	20,6	17	5,2
1 524 (5 000)	84	24,9	68	19,9	16	5,0

- g) Répéter la procédure d'essai pour tous les conduits hydrauliques équipés d'un ensemble clapet antiretour atmosphérique.

NOTE 1 Un vacuomètre équipé d'une fonction d'égalisation de pression atmosphérique ambiante et un robinet d'isolement (Points 4, 5) peuvent être utilisés comme alternative au manomètre différentiel. Lorsque le fluide hydraulique s'évacue du conduit, il convient que le vide relevé sur la jauge ne dépasse pas 20 kPa à tout moment au cours de l'essai.

NOTE 2 Des manomètres numériques portatifs qui mesurent la pression absolue avec un niveau élevé de précision sont disponibles. Un manomètre numérique peut être utilisé en alternative au manomètre différentiel de type tube représenté à la Figure F.2.

NOTE 3 L'essai peut être effectué sur chacun des ensembles de clapets antiretour atmosphériques comme un "essai au banc" avant l'installation des clapets antiretour atmosphériques. Une pompe à vide reliée du côté ressort du clapet antiretour atmosphérique peut être utilisée pour simuler la dépressurisation dans le conduit hydraulique.

Bibliographie

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV)* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-604:1987, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

IEC 60050-651:2014, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 651: Travaux sous tension*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60743:2013, *Travaux sous tension – Terminologie pour l'outillage, les dispositifs et les équipements*

IEC 60855-1, *Travaux sous tension – Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines – Partie 1: Tubes et tiges de section circulaire*

IEC 61109, *Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites de suspension et d'ancrage destinés aux systèmes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

IEC 61235, *Travaux sous tension – Tubes creux isolants pour travaux électriques*

IEC 61472:2013, *Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul*

IEC 61865:2001, *Lignes aériennes – Calcul de la composante électrique de la distance entre les parties sous tension et les obstacles – Méthode de calcul*

ISO 4302, *Appareils de levage à charge suspendue – Évaluation des charges dues au vent*

ISO 4305, *Grues mobiles – Détermination de la stabilité*

ISO 18893, *Mobile elevating work platforms – Safety principles, inspection, maintenance and operation* (disponible en anglais seulement)

ASTM F914-03, *Standard Test Method for Acoustic Emission for Insulated and Non-Insulated Aerial Personnel Devices Without Supplemental Load Handling Attachments*

ASTM F1430-03, *Standard Test Method for Acoustic Emission Testing of Insulated and Non-Insulated Aerial Personnel Devices with Supplemental Load Handling Attachments*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch