

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
61467**

Première édition
First edition
1997-02

**Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale
supérieure à 1 000 V –**

**Essais d'arc de puissance en courant alternatif
des chaînes d'isolateurs équipées**

**Insulators for overhead lines with a nominal voltage
above 1 000 V –**

AC power arc tests on insulator sets



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61467: 1997

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

RAPPORT TECHNIQUE – TYPE 2

TECHNICAL REPORT – TYPE 2

**CEI
IEC**

61467

Première édition
First edition
1997-02

**Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale
supérieure à 1 000 V –**

**Essais d'arc de puissance en courant alternatif
des chaînes d'isolateurs équipées**

**Insulators for overhead lines with a nominal voltage
above 1 000 V –**

AC power arc tests on insulator sets

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	10
3 Définitions	10
4 Symboles et abréviations	12
5 Montage d'essai	12
6 Courant d'essai	14
7 Principes des circuits d'alimentation et de retour	14
8 Initiation de l'arc	16
9 Conditions ambiantes	18
10 Séries d'essais et caractéristiques des arcs de puissance	18
11 Rapport d'essais	20
12 Evaluation des résultats	20
12.1 Examen visuel	20
12.2 Isolateurs en porcelaine ou en verre	22
12.3 Isolateurs composites	22
12.4 Critères d'acceptation	22
Tableaux	
1 Conditions d'alimentation et de retour	16
2 Séries d'essais	20
3 Critères d'évaluation d'essai	24
Figures	
1 Illustration des courants d'alimentation et de retour	26
2 Initiation de l'arc	28
Annexes	
A Montages d'essais et méthodes pratiques de simulations de pylône (circuit de retour)	30
B Détermination de la valeur efficace du courant	40
C Tension vide de la source de puissance	44
D Arcs de puissance sur des chaînes d'isolateurs équipées et leur simulation exacte par un positionnement approprié des fils fusibles	46
E Vitesse du vent pendant les essais d'arc de puissance	50
F Variation de l'amplitude de défaut et raisons du choix des paramètres d'essai imposés	52
G Recommandations pour le rapport d'essais	56
H Exemple de rapport d'essais d'arc de puissance	64

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	11
3 Definitions	11
4 Symbols and abbreviations	13
5 Test arrangement	13
6 Test current.....	15
7 Supply and return circuit conditions	15
8 Arc initiation	17
9 Ambient conditions	19
10 Test series and characteristics of the power arcs	19
11 Test report	21
12 Evaluation of results	21
12.1 Visual examination	21
12.2 Porcelain or glass insulators	23
12.3 Composite insulators	23
12.4 Acceptance criteria.....	23
Tables	
1 Supply and return conditions.....	17
2 Test series	21
3 Test assessment criteria.....	25
Figures	
1 Illustration of supply and return currents	27
2 Arc initiation	29
Annexes	
A Test arrangements and practical methods of tower simulation (return circuit)	31
B Determination of the r.m.s. value of the current.....	41
C No-load voltage of the power source	45
D Power arcs on insulator sets and their true simulation by appropriate positioning of fusible wires	47
E Wind velocity during power arc tests	51
F Variation of the fault current magnitude and reasons for the choice of the prescribed test parameters	53
G Recommendations for the test report	57
H Sample of a power arc test report	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES DE TENSION NOMINALE SUPÉRIEURE À 1 000 V –

Essais d'arc de puissance en courant alternatif des chaînes d'isolateurs équipées

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de type 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1467, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 36B: Isolateurs pour lignes aériennes, du comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATORS FOR OVERHEAD LINES
WITH A NOMINAL VOLTAGE ABOVE 1 000 V –****AC power arc tests on insulator sets**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of type 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1467, which is a technical report of type 2, has been prepared by subcommittee 36B: Insulators for overhead lines, of IEC technical committee 36: Insulators.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
36B/126/CDV	36B/160/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques du type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des Directives ISO/CEI) comme "norme prospective d'application provisoire" dans le domaine des essais d'arcs de puissance des chaînes d'isolateurs équipées car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une "Norme internationale". Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Les annexes A et B font partie intégrante de ce rapport technique.

Les annexes C à H sont données uniquement à titre d'information.

Le contenu du corrigendum du mois de mai 1997 a été pris en considération dans cet exemplaire.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
36B/126/CDV	36B/160/RVC

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

This document is being issued as a type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of power arc testing of insulator sets for overhead lines because there is an urgent need for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this technical report (type 2) will be carried out not later than three years after its publication with the options of: either extension for another three years, conversion into an International Standard, or withdrawal.

Annexes A and B form an integral part of this technical report.

Annexes C to H are for information only.

The contents of the corrigendum of May 1997 have been included in this copy.

ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES DE TENSION NOMINALE SUPÉRIEURE À 1 000 V –

Essais d'arc de puissance en courant alternatif des chaînes d'isolateurs équipées

1 Domaine d'application et objet

Le présent rapport technique de type 2 de la CEI s'applique aux chaînes d'isolateurs équipées, comprenant des modèles d'isolateurs en matière céramique, en verre ou en matière composite destinées aux lignes aériennes et aux lignes de traction fonctionnant en courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V et de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

Le présent rapport technique s'applique également aux chaînes d'isolateurs équipées de conception identique utilisées dans les postes.

Le présent rapport technique établit une procédure d'essais normalisée pour les essais d'arc de puissance sur les chaînes d'isolateurs équipées.

Le présent rapport technique ne s'applique pas aux chaînes d'isolateurs équipées montées sur des poteaux ou des pylônes non métalliques.

Le présent rapport technique a pour objet:

- de définir les termes utilisés;
- de prescrire une procédure d'essai normalisée;
- de prescrire des critères pour évaluer les résultats des essais.

Les essais d'arc de puissance ne sont pas un élément obligatoire dans les spécifications d'isolateurs de ligne. La procédure d'essai normalisée et les critères d'évaluation décrits dans ce rapport sont destinés à fournir un guide d'essai quand les essais d'arc de puissance sont jugés nécessaires. Ce rapport n'a pas pour but d'introduire une obligation générale d'effectuer ces essais.

Puisque la procédure d'essai dans ce rapport technique est destinée à simuler les conditions rencontrées en service, l'attention est attirée sur le fait qu'il n'est pas possible d'extrapoler le comportement d'une chaîne d'isolateurs équipée d'une longueur donnée à celui d'une chaîne d'isolateurs équipée de longueur différente ou équipée d'accessoires de conception ou de matériaux différents. En particulier, le concept d'essayer une chaîne normalisée courte ne peut pas être utilisé pour déterminer le comportement d'une chaîne d'isolateurs équipée complète.

La procédure d'essais décrite dans ce rapport technique consiste en l'application possible de deux séries d'arc de puissance à différents niveaux de courant et de différentes durées. Cette procédure d'essai est destinée à couvrir des conditions de courant de défauts se produisant en des points représentatifs le long d'une ligne. La procédure d'essai est également destinée à reproduire un arc de puissance dû à un contournement par pollution, ce qui crée les conditions les plus sévères.

INSULATORS FOR OVERHEAD LINES WITH A NOMINAL VOLTAGE ABOVE 1 000 V –

AC power arc tests on insulator sets

1 Scope and object

This type 2 IEC technical report applies to insulator sets comprising string insulator units of ceramic material, glass or composite material for use on a.c. overhead lines and traction lines with a nominal voltage above 1 000 V and a frequency between 15 Hz and 100 Hz.

This technical report also applies to insulator sets of similar design used in substations.

This technical report establishes a standard test procedure for power arc tests on insulator sets.

This technical report does not apply to insulator sets mounted on non-metallic poles or towers.

The object of this technical report is:

- to define the terms used;
- to prescribe a standard test procedure;
- to prescribe criteria to evaluate the results of the tests.

Power arc tests are not an obligatory element of line insulator specifications. The standard test procedure and the evaluation criteria described in this report are intended to provide testing guidance when power arc tests are felt to be necessary. It is not the object of this report to introduce a general obligation to execute these tests.

As the test procedure in this technical report is intended to simulate conditions encountered in service, attention is drawn to the fact that it is not possible to extrapolate the behaviour of an insulator set of a given length to that of an insulator set of different length or equipped with fittings of different design or materials. In particular, the concept of testing a short standard string cannot be used to determine the behaviour of a complete insulator set.

The test procedure described in this technical report consists of two possible series of power arc applications at different current levels and of different duration. This test procedure is intended to cover fault current conditions occurring at representative points along a line. The test procedure is also intended to reproduce pollution-induced power arc flashover, which creates the most severe conditions.

2 Références normatives

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

CEI 50(471): 1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 471: Isolateurs*

CEI 383-1: 1993, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 1: Eléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour systèmes à courant alternatif – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 383-2: 1993, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 2: Chaînes d'isolateurs et chaînes d'isolateurs équipées pour systèmes à courant alternatif – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions suivantes s'appliquent. Les définitions des autres termes utilisés dans ce rapport technique peuvent être trouvées dans la CEI 50(471), la CEI 383-1 et la CEI 383-2.

3.1 essai: Une application du courant d'essai spécifiée pendant la durée spécifiée sur la chaîne d'isolateurs équipée.

3.2 séquence d'essai: Trois essais successifs sur la même chaîne d'isolateurs équipée.

3.3 série d'essai: Ensemble de trois séquences d'essai utilisée pour caractériser la tenue à l'arc de puissance d'une chaîne d'isolateurs équipée.

3.4 pourcentage d'asymétrie initial du courant: Ecart du courant pendant la première période d'un arc de puissance par rapport à une sinusoïde symétrique. Le pourcentage initial d'asymétrie est exprimé comme une fonction de la valeur absolue de la crête du courant de la première période divisée par la valeur efficace du courant comme suit:

$$\left(\frac{|I_m|}{I \times \sqrt{2}} - 1 \right) \times 100$$

3.5 circuit d'alimentation: Connexion électrique à travers laquelle circule le courant de l'arc de puissance à partir de la source de puissance vers le côté ligne de l'objet essayé.

3.6 circuit de retour: Connexion électrique à travers laquelle circule le courant de l'arc de puissance à partir du côté terre de l'objet essayé vers la source de puissance.

3.7 circuit équilibré: Circuit d'alimentation ou de retour dans lequel la circulation de courant se fait dans deux directions diamétralement opposées.

3.8 circuit déséquilibré: Circuit d'alimentation ou de retour dans lequel la circulation de courant se fait principalement dans une direction.

2 Normative references

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

IEC 50(471): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 471: Insulators*

IEC 383-1: 1993, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 383-2: 1993, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Part 2: Insulator strings and insulator sets for a.c. systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

3 Definitions

For the purposes of this technical report, the following definitions apply. Definitions of other terms used in this technical report can be found in IEC (50)471, IEC 383-1 and IEC 383-2.

3.1 test: One application of the specified test current for the specified duration to the insulator set.

3.2 test sequence: Three successive tests on the same insulator set.

3.3 test series: A group of three test sequences used to characterise the power arc performance of an insulator set.

3.4 percent initial asymmetry of current: Deviation of the current from a symmetrical wave during the first cycle of a power arc. Percent initial asymmetry is expressed as a function of the absolute peak value of the current of the first cycle divided by the r.m.s. value of the current as follows:

$$\left(\frac{|I_m|}{I \times \sqrt{2}} - 1 \right) \times 100$$

3.5 supply circuit: The electrical connection through which the current of a power arc flows to the line side of the test object from the power source.

3.6 return circuit: The electrical connection through which the current of a power arc flows from the earth side of the test object to the power source.

3.7 balanced circuit: A supply or return circuit in which the current flow is in two diametrically opposed directions.

3.8 unbalanced circuit: A supply or return circuit in which the current flow is principally in one direction.

4 Symboles et abréviations

Ces symboles et abréviations sont principalement utilisés dans les tableaux et les figures ci-après.

Sauf indication contraire, les courants et les tensions sont exprimés en valeurs efficaces.

I	Courant d'arc
I_n	Courant d'arc spécifié
t	Durée de l'arc
t_n	Durée de l'arc spécifiée
I_m	Valeur de crête du courant
$I_{R1,2}$	Courants dans le circuit de retour
$I_{S1,2}$	Courants dans le circuit d'alimentation
I_{sys}	Courant de court-circuit assigné du réseau
L_A	Longueur de la chaîne d'isolateurs
L_B	Longueur de la chaîne d'isolateurs équipée
L_R	Longueur de la simulation du circuit de retour
L_S	Longueur de la simulation du circuit d'alimentation
D	Distance entre le point central de la chaîne d'isolateurs équipée essayée par rapport à la structure avoisinante
M_L	Charge mécanique appliquée à la chaîne d'isolateurs équipée essayée
α	Angle par rapport au plan horizontal d'une chaîne d'ancrage équipée
CRS	Charge minimale de rupture (électro-)mécanique spécifiée
CMS	Charge mécanique spécifiée

5 Montage d'essai

Le montage d'essai doit reproduire la configuration réelle de la chaîne d'isolateurs équipée complète et aussi fidèlement que possible celle du conducteur et de la partie du pylône la plus proche de la chaîne d'isolateurs équipée. Les dispositifs de protection réels doivent être utilisés et leur position par rapport aux isolateurs, aux pinces et au conducteur doit être reproduite. Le but de la simulation fidèle de la configuration réelle est de recréer le champ électromagnétique qui affecte le mouvement de l'arc.

Les distances entre la chaîne d'isolateurs équipée et les structures mises à la terre simulant le pylône doivent être identiques à celles de la configuration de service. Dans le cas de certaines chaînes d'isolateurs équipées (par exemple très haute tension, configurations spéciales), la simulation réelle du pylône peut être limitée par les moyens des laboratoires d'essais. Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B > 6$ m), une distance D de 6 m entre le pylône et les conducteurs de ligne est suffisante.

La distance entre les conducteurs et le plan de masse doit être d'au moins $L_B/2$ ou 3 m pour $L_B > 6$ m.

Le montage d'essai doit comprendre un conducteur ou un faisceau de conducteurs ayant des caractéristiques semblables à celui utilisé en service. Afin de créer les forces électrodynamiques réelles qui affectent le mouvement de l'arc, la longueur du conducteur de chaque côté de la chaîne d'isolateurs équipée doit au moins être égale à la longueur de la chaîne d'isolateurs équipée mais sa longueur minimale doit être de 2,5 m. Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B > 6$ m), une longueur de conducteur L_S de 6 m est suffisante (voir annexe A).

Quelques montages d'essai et de simulations de pylônes (circuit de retour) appropriés sont indiqués dans l'annexe A.

4 Symbols and abbreviations

These symbols and abbreviations are principally used in the tables and figures hereafter.

Unless otherwise stated, currents and voltages are expressed as r.m.s values.

I	Arc current
I_n	Specified arc current
t	Arc time
t_n	Specified arc time
I_m	Peak current value
$I_{R1,2}$	Currents in the return circuit
$I_{S1,2}$	Currents in the supply circuit
I_{sys}	Rated short-circuit current of the system
L_A	Length of the insulator string
L_B	Length of the insulator set
L_R	Length of simulation of the return circuit
L_S	Length of simulation of the supply circuit
D	Distance from the centre point of the tested insulator set to the surrounding framework
M_L	Mechanical load on the tested insulator set
α	Angle from the horizontal plane of a tension insulator set
SFL	Specified minimum (electro-)mechanical failing load
SML	Specified mechanical load

5 Test arrangement

The test arrangement shall duplicate the actual configuration of the complete insulator set, and as closely as possible, that of the conductor and of the part of the tower nearest to the insulator set. The actual protective fittings shall be used and their position with respect to the insulator units, the clamps and the conductor shall be reproduced. The aim of the true simulation of the actual configuration is to recreate the real electromagnetic field affecting the arc movement.

The distances between the insulator set and the grounded structures simulating the tower shall be the same as for the service configuration. In the case of some insulator sets (such as extra high voltage, special configurations), the actual simulation of the tower may be limited by the facilities of test laboratories. In the case of long insulator sets ($L_B > 6$ m), a distance D of 6 m between tower and line conductors is sufficient.

The distance from the conductors to the ground plane shall be at least $L_B/2$ or 3 m for $L_B > 6$ m.

The test arrangement shall include a conductor or conductor bundle having characteristics similar to the one used in service. To create the real electrodynamic forces affecting the arc movement, the conductor length on both sides of the insulator sets shall be at least equal to the insulator set length but its minimum length shall be 2,5 m. In the case of long insulator sets ($L_B > 6$ m), a conductor length L_S of 6 m is sufficient (see annex A).

Some appropriate test arrangements and tower simulations (return circuit) are shown in annex A.

Afin d'éviter de mauvais contacts électriques et de s'assurer que la chaîne d'isolateurs équipée est positionnée correctement, une charge mécanique doit être appliquée à la chaîne d'isolateurs équipée. Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées verticales, cette charge peut être appliquée au moyen d'un poids approprié suspendu aux pinces de suspension ou au conducteur au moyen d'une pièce de liaison isolée. La valeur de la charge doit être au moins 5 kN sur la chaîne d'isolateurs équipée complète. Dans le cas de chaînes d'ancrage équipées, une charge mécanique supérieure peut être nécessaire afin de reproduire l'angle de service de la chaîne d'isolateurs équipée (voir figure A.4).

6 Courant d'essai

Les essais doivent être effectués avec un courant alternatif monophasé. L'asymétrie initiale (composante continue) ne doit pas être supérieure à 30 %.

NOTE – Cette exigence est expliquée par le fait que les contournements des isolateurs dus à la pollution ont lieu généralement au voisinage d'une crête de la tension, et donc avec une composante continue de courant minimale.

Pour des réseaux à 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence du circuit d'essais doit être comprise entre 45 Hz et 65 Hz. Pour des réseaux à d'autres fréquences, la fréquence de la source d'essais ne doit pas en principe dévier de la valeur spécifiée de plus de 10 %. Avec l'accord de l'utilisateur, les essais peuvent être effectués à une fréquence supérieure ou inférieure à la fréquence d'utilisation prévue. Les fréquences peuvent varier dans les limites ci-dessus pendant chaque essai.

Le circuit d'essais doit être en mesure de fournir les valeurs spécifiées de courant (efficace) et de durée d'arc. L'annexe C donne des indications sur les tensions à vide suggérées pour obtenir les valeurs de courant spécifiées. A moins d'un accord différent, la tolérance autorisée du courant d'arc par rapport à la valeur de courant efficace spécifiée est de ± 10 %.

Le courant d'arc réel pendant l'essai doit être pratiquement sinusoïdal. La valeur efficace du courant d'essai peut être déduite de la moyenne arithmétique des valeurs de crête du courant sur la durée totale de l'essai (voir annexe B); si le système de mesure le permet, la valeur efficace peut être calculée à partir de la fonction du courant.

Le courant d'essai doit être essentiellement constant pendant la durée d'arc. Pendant la durée d'arc, les écarts suivants par rapport à la valeur spécifiée sont autorisés.

- Les valeurs des crêtes du courant d'arc ne doivent pas s'écarter de la valeur spécifiée ($I_n\sqrt{2}$) de plus de ± 20 %.
- Pour des durées d'arc supérieures à 0,2 s, la tolérance ci-dessus peut être dépassée pendant un temps ne dépassant pas 20 % de la durée totale de l'arc.

Dans tous les cas le produit du courant d'arc réel par sa durée réelle, $I \cdot t$, doit être égal au produit du courant d'arc spécifié par sa durée spécifiée, $I_n \cdot t_n$, à ± 10 % près.

Dans le cas où il se produit un déplacement des pieds d'arc sur le pylône ou le long du conducteur de ligne, ces tolérances peuvent être dépassées.

7 Principes des circuits d'alimentation et de retour

Les circuits d'alimentation et de retour dépendent des conditions de service, notamment de la position de la chaîne d'isolateurs équipée sur la ligne et de la géométrie du pylône. Les cas caractéristiques à simuler lors des essais sont donnés dans le tableau 1 et illustrés à la figure 1.

In order to avoid poor electrical contacts and to ensure that the insulator set is correctly positioned, a mechanical load shall be applied to the insulator set. In the case of vertical insulator sets, this load can be applied by means of a suitable weight suspended from the suspension clamp or conductor by means of an insulated link. The value of the load shall be at least 5 kN on the complete insulator set. In the case of tension insulator sets, a higher mechanical load may be necessary to reproduce the service angle of the insulator set (see figure A.4).

6 Test current

The tests shall be made with single-phase alternating current. Initial asymmetry (d.c. component) shall not exceed 30 %.

NOTE – This requirement is explained by the fact that the flashovers on a contaminated insulator set in service generally occur in the vicinity of a voltage peak, consequently with a minimal direct current component.

For 50 Hz or 60 Hz systems, the frequency of the test circuit shall be from 45 Hz to 65 Hz. For other system frequencies, the frequency of the test supply shall not in principle deviate from the specified value by more than 10 %. By agreement with the user, tests may be performed at a higher or lower frequency than the intended operating frequency. The frequencies may vary within the above limits during each test.

The test circuit shall be adequate to supply the specified values of arc current (r.m.s) and arc duration. Annex C gives information on no-load voltages suggested to achieve specified current values. Unless agreed otherwise, the permissible tolerance of the arc current with respect to the specified r.m.s. value of the current is $\pm 10\%$.

The actual arc current during the test shall be practically sinusoidal. The r.m.s. value of the test current may be derived from the arithmetic mean of the peak values during the test duration (see annex B). If the measuring equipment permits, the r.m.s. value may be calculated from the current function.

The test current shall be essentially constant over the arcing time. During the arcing time, the following deviations from the specified value are permissible.

- The arc current crest values shall not deviate from the specified value ($I_n\sqrt{2}$) by more than $\pm 20\%$.
- For arcing times greater than 0,2 s, the above tolerance may be exceeded during not more than 20 % of the total arcing time.

In any case the product of the actual arc current and duration $I \cdot t$ shall be within $\pm 10\%$ of the product of the specified arc current and duration $I_n \cdot t_n$.

In cases where the movement of the arc root on to the tower or along the line conductor occurs, these tolerances may be exceeded.

7 Supply and return circuit conditions

The supply and return circuits depend on the service conditions, notably on the location of the insulator set along the line and on the tower geometry. The characteristic cases to be simulated in tests are given in table 1 and illustrated in figure 1.

Tableau 1 – Conditions d'alimentation et de retour

	Circuit d'alimentation équilibré	Circuit d'alimentation déséquilibré
Circuit de retour équilibré	Circuit A $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ Par exemple: chaîne d'isolateurs équipée située dans la fenêtre de phase centrale d'un pylône placé au milieu d'une ligne	Circuit B $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ Par exemple: chaîne d'isolateurs équipée située dans la fenêtre de phase centrale d'un pylône placé à l'extrémité d'une ligne
Circuit de retour déséquilibré	Circuit C $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ Par exemple: chaîne d'isolateurs équipée située sur une phase externe de la console d'un pylône placé au milieu d'une ligne	Circuit D $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ Par exemple: chaîne d'isolateurs équipée située sur une phase externe de la console d'un pylône placé à l'extrémité d'une ligne

L'écart admissible des courants I_{R1} et I_{R2} , I_{S1} et I_{S2} par rapport à leurs valeurs spécifiées ne doit pas excéder ± 20 %. Ceci peut être vérifié par un essai de réglage de circuit.

8 Initiation de l'arc

L'arc doit être initié au moyen d'un ou de plusieurs fils fusibles en matériau faiblement résistant (par exemple argent, aluminium, cuivre) et d'une section totale maximale de 1 mm². Si l'on utilise plusieurs fils, ils doivent être torsadés ensemble en parallèle.

NOTE – Si on rencontre des problèmes d'initiation de l'arc, un fil fusible de plus grand diamètre peut être utilisé. Cependant, il convient de noter que ceci peut avoir un effet néfaste sur le résultat d'essai à cause de la réduction de mobilité d'arc et du dépôt de métal sur la surface de l'isolateur.

Le but de l'initiation de l'arc spécifiée est de créer des conditions similaires à celles d'un contournement d'une chaîne d'isolateurs équipée polluée. Ce type de contournement peut créer des pieds d'arc sur des points intermédiaires le long de la chaîne. La description du phénomène de l'arc et une explication détaillée du positionnement des fils fusibles sont données dans l'annexe D.

Les fils fusibles doivent être fixés aux parties métalliques avec un point de contact unique de la manière suivante et comme indiqué à la figure 2.

a) Chaînes d'isolateurs équipées à isolateurs capot et tige

Le premier fil doit être fixé sur le capot du premier isolateur côté mise à la terre et sur la tige d'un isolateur intermédiaire à un intervalle de trois à cinq éléments. Le fil suivant est placé de la même manière, mais sur le côté opposé de la chaîne. Cette procédure doit être répétée jusqu'à la fin de la chaîne. La figure 2a montre le positionnement des fils et la fixation du fil à la limite du capot et de la jupe et à la tige. Quand on rencontre des difficultés pratiques pour attacher le fil fusible à la tige (par exemple du fait du profil de l'isolateur), il est permis de l'attacher au capot de l'isolateur suivant.

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées courtes possédant moins de six éléments, un point d'échange doit être créé approximativement au milieu de la chaîne.

Table 1 – Supply and return conditions

	Balanced supply circuit	Unbalanced supply circuit
Balanced return circuit	A circuit $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ For example: insulator set in the centre phase window of a tower in the middle of a line	B circuit $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ For example: insulator set in the centre phase window of a tower at the extremity of a line
Unbalanced return circuit	C circuit $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ For example: insulator set on the lateral phase cross-arm of a tower in the middle of a line	D circuit $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ For example: insulator set on the lateral phase cross-arm of a tower at the extremity of a line

The permissible deviation of the currents I_{R1} et I_{R2} , I_{S1} and I_{S2} from their specified value shall not exceed ± 20 %. This may be verified by a circuit calibration test.

8 Arc initiation

The arc shall be initiated by fusible wire of a low resistance material (for example silver, aluminium, copper) with a maximum total cross-section of 1 mm². If more than one wire is used, they shall be twisted together in parallel.

NOTE – If there are problems in initiating the arc, a larger diameter fusible wire may be used. However, it should be noted that this can have an adverse effect on the test result due to reduced initial arc mobility and deposition of metal on the insulator surface.

The aim of the specified arc initiation is to create conditions similar to that of a flashover occurring on a contaminated insulator set. This kind of flashover can cause the arc to root on intermediate points along the string. The description of the arcing phenomenon and the detailed explanation of the positioning of fusible wires are given in annex D.

The fusible wires shall be attached to the metal parts by a single point contact in the following manner and as shown in figure 2.

a) Cap and pin insulator sets

The first wire shall be attached to the cap of the earth side unit and to the pin of an intermediate unit at an interval of three to five units. The following wire is placed in the same manner, but on the opposite side of the string. This method shall be repeated up to the end of the string. Figure 2a shows the positioning of the wires and the connection of the wire to the limit point of the cap and the shed and to the pin. When there are practical difficulties to attach the fusible wire to the pin (for example due to the shape of the insulators), it is allowed to be attached it to the cap of the next insulator.

In case of short insulator sets, having less than six units, one change-over point shall be created on the string approximately in the middle.

b) Chaînes d'isolateurs équipées à isolateurs composites et à fût long

Le fil doit être fixé entre les parties métalliques de l'isolateur et enroulé autour du fût au milieu de l'isolateur en allant sur le côté opposé de celui-ci. Les différents éléments doivent avoir des fils fusibles distincts, conformément à la figure 2b.

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées plus longues (par exemple longueur de l'élément isolant >1,5 m) le fil doit être fixé entre les parties métalliques de l'isolateur et enroulé autour du fût en allant sur le côté opposé de celui-ci tous les 0,6 m à 0,8 m conformément à la figure 2c.

Dans tous les cas (chaînes d'isolateurs équipées à isolateurs capot et tige, fût long, composite, chaînes équipées verticales, en V, horizontales), le plan des fils fusibles doit avoir un angle de 45° par rapport aux conducteurs (voir figures 2d and 2e).

Le point de fixation du fil fusible doit être changé vers un quadrant adjacent lors de chaque essai successif.

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées multiples (en V, double, etc.), l'arc doit toujours être initié sur la même chaîne pendant une séquence d'essais. Cette chaîne doit être choisie de manière à ce que le déplacement normal de l'arc dû aux forces électromagnétiques soit en direction de la ou les autres chaînes de la chaîne d'isolateurs équipée.

9 Conditions ambiantes

La vitesse du vent et toutes les autres conditions ambiantes (pression atmosphérique, pluie, humidité et température) doivent être enregistrées dans tous les cas.

Comme le vent a une influence sur le mouvement de l'arc, les essais peuvent être effectués dans une cellule d'essais, ou lorsqu'ils sont effectués à l'extérieur, ils doivent l'être par temps calme chaque fois que cela est possible. Afin de rendre possible une comparaison efficace des essais d'arc de puissance à des courants plus faibles (<10 kA), une vitesse maximale du vent de 5 m/s est permise.

L'annexe E donne l'explication de l'importance du vent sur les essais d'arc de puissance.

Les autres conditions atmosphériques, y compris la pluie, sont considérées comme n'ayant aucune influence significative sur les résultats.

10 Séries d'essais et caractéristiques des arcs de puissance

Conformément au tableau 1 et à la figure 1, les séries d'essais X ou Y du tableau 2 doivent être choisies en fonction du type de pylône. Il n'est raisonnable de choisir la série d'essais Y que dans le cas où le circuit de retour est toujours déséquilibré, par exemple lorsque le pylône ne possède pas de fenêtre de phase centrale. Dans la pratique, pour les réalisations où il existe différentes géométries de pylône et où les deux séries d'essais X et Y seraient nécessaires, la série d'essais X doit être choisie de préférence, celle-ci étant plus contraignante (c'est-à-dire que si la série X a été effectuée, alors cela couvre la série Y).

b) Long rod and composite insulator sets

The wire shall be attached between the metal parts of the insulator and be wrapped around the core in the middle of the insulator going to the opposite side. The different units shall have separate fuse wires according to figure 2b.

In the case of longer insulator sets (such as unit insulator length >1,5 m) the wire shall be attached between the metal parts of the insulator and be wrapped around the core going to the opposite side of the insulator at distances of 0,6 m to 0,8 m according to figure 2c.

In all cases (cap and pin, long rod, composite insulator sets, vertical-, Vee-, horizontal insulator sets) the plane of the fuse wires shall have an angle of 45° to the conductors (see figures 2d and 2e).

The attachment point of the fusible wire shall be moved to an adjacent quadrant for each successive test.

In case of multiple string insulator sets (Vee, double etc.), the arcs in one test sequence shall always be initiated on the same string. This string shall be chosen in such a manner that the normal displacement of the arc due to electromagnetic forces is towards the other string(s) of the insulator set.

9 Ambient conditions

The wind velocity and all other ambient conditions (atmospheric pressure, rain, humidity and temperature) shall be recorded in all cases.

As the wind has an influence on the arc movement, the tests may be carried out in a test chamber or, when performed outdoors, shall be in calm weather whenever possible. To enable efficient comparison of lower current power arc tests (<10 kA), a maximum wind speed of 5 m/s is allowed.

Annex E gives the explanation of the importance of wind on power arc tests.

Other atmospheric conditions, including rain, are considered to have no significant influence on the results.

10 Test series and characteristics of the power arcs

In accordance with table 1 and figure 1, the X or Y test series from table 2 shall be chosen, depending on the type of the tower. To choose the test series Y is reasonable only if the return circuit is always unbalanced, for example when the tower does not have a centre phase window. For practical purposes, in applications where different tower geometries exist and would normally require both X and Y test series, the X series shall be chosen in preference, this being more stringent (this means that if the test series X has been performed, then series Y is covered).

Tableau 2 – Séries d'essais

Série d'essais	Circuit d'essais (voir tableau 1)	Courant de court-circuit	Nombre et durée des essais (séquence d'essais)
	A	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
X	A	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
	B	$I_n = I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 0,5$ s
	C	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
Y	C	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
	D	$I_n = I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 0,5$ s

L'intervalle minimal entre deux essais successifs doit être de 20 min. Le remplacement des éléments endommagés ou de la chaîne d'isolateurs équipée complète est permis après tous les trois essais effectués à la même valeur de courant.

Le nombre d'essais et leur durée sont choisis afin de représenter les conditions se produisant sur la majorité des réseaux. Si des valeurs différentes sont prescrites afin de représenter des caractéristiques spécifiques d'un réseau, elles doivent faire l'objet d'un accord préalable.

L'annexe F donne une explication des valeurs prescrites ci-dessus.

11 Rapport d'essais

Afin d'harmoniser le format des rapports d'essais, les informations à inclure dans le document d'essais doivent apparaître dans l'ordre suivant:

- une page de garde appropriée;
- le détail complet des caractéristiques assignées par le demandeur des essais;
- une liste des essais effectués et le cas échéant, une liste des personnes ayant assisté aux essais, ainsi que la diffusion du document d'essais.

La suite du document d'essais peut être arrangée à la convenance du laboratoire d'essai. Le format préférable du rapport est donné en annexe G.

12 Evaluation des résultats

Cet article définit des critères de tenue, donnés à titre indicatif seulement, pour évaluer les effets sur la fiabilité opérationnelle de la chaîne d'isolateurs équipée.

L'évaluation comporte deux parties. Un examen visuel est réalisé en premier, suivi d'une série d'essais analytiques pour déterminer l'aptitude des isolateurs à remplir leur fonction en service.

L'examen visuel inclut tous les composants mécaniques et les accessoires de la chaîne d'isolateurs équipée. Toutefois, les critères pour le remplacement de ces accessoires et des connexions sont en dehors du domaine d'application de ce rapport.

12.1 Examen visuel

Un examen visuel approfondi, comprenant des prises de vues photographiques, doit mentionner tout dommage significatif subi par les isolateurs, les accessoires, les dispositifs de protection et le ou les conducteurs.

Table 2 – Test series

Test series	Test circuit (see table 1)	Short-circuit current	Number and duration of tests (test sequence)
	A	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
X	A	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
	B	$I_n = I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 0,5$ s
	C	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
Y	C	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
	D	$I_n = I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 0,5$ s

The minimum interval between two successive tests shall be 20 min. The replacement of damaged units or of the whole insulator set is allowed after every three tests performed at the same current.

The number of tests and their duration are chosen to represent the conditions arising on the majority of systems. If different values are required to represent specific network characteristics, they shall be subject to prior agreement.

Annex F gives an explanation of the above prescribed values.

11 Test report

In order to harmonise the format of the test reports, the information to be included in the test documentation shall appear in the following sequence:

- an appropriate front sheet;
- complete details of ratings assigned by the applicant for the tests;
- a list of the tests performed and if appropriate, a list of persons witnessing the tests, as well as the circulation of the test documentation.

The remainder of the test document can be arranged to suit the convenience of the testing laboratory. The preferable format for the report is given in annex G.

12 Evaluation of results

This clause sets forth criteria, to be used as guidelines only, for evaluating the effects on operational reliability of the insulator set.

The evaluation consists of two parts. A visual examination is performed first, followed by a series of analytical tests to determine the suitability of the insulators to continue in service.

Visual examination includes all mechanical components and fittings of the insulator set. However, the criteria for replacement of these fittings and connections are beyond the scope of this report.

12.1 Visual examination

A thorough visual examination, including photographs, shall record all significant damage sustained by the insulator units, fittings, protective fittings, and conductor(s).

- Les parties métalliques des isolateurs et tous les accessoires à parties porteuses doivent être examinés et photographiés pour les dégâts occasionnés par l'arc qui pourraient avoir une incidence sur leur résistance mécanique. Cela comprend la fusion partielle, le corroyage par l'arc et la vaporisation du métal.
- Toutes les parties métalliques qui sont galvanisées doivent être examinées pour les dégradations du revêtement qui pourraient subir une corrosion future.
- Toutes les parties métalliques qui sont soumises à des niveaux significatifs de contraintes électriques superficielles doivent être examinées pour des changements localisés de contours qui pourraient induire une augmentation excessive d'effet couronne et de niveau de perturbation radio.

12.2 *Isolateurs en porcelaine ou en verre*

En plus de l'examen visuel pour des dommages subis par les parties métalliques des isolateurs, les isolateurs en porcelaine ou en verre doivent être examinés pour les dégâts subis par les parties isolantes. Les dommages subis par les parties isolantes peuvent comprendre les points suivants:

- rupture partielle ou complète des jupes en verre ou en porcelaine;
- brûlure de l'émail sur les isolateurs en porcelaine.

Sonner les ailettes des isolateurs capot et tige peut être un moyen préliminaire de détection d'éventuels défauts diélectriques internes des isolateurs en porcelaine. Toutefois, cette méthode est quelque peu subjective, et ne peut être utilisée qu'à titre d'évaluation préliminaire avant de procéder à l'analyse indiquée dans le tableau 3.

12.3 *Isolateurs composites*

En plus de l'examen visuel pour des dommages subis par les parties métalliques, les isolateurs composites doivent être examinés pour les dégâts subis par les parties isolantes. Les dommages subis par les parties isolantes peuvent comprendre les dommages suivants:

- changements de l'état de surface tels que décoloration, érosion ou dépôt de plasma d'arc;
- fissure ou perforation d'ailettes individuelles;
- dégradation important du revêtement conduisant à une exposition du jonc en fibre de verre, perte d'étanchéité au niveau des accessoires ou joints d'extrémité, ou exsudation de la graisse d'étanchéité, si elle est utilisée.

12.4 *Critères d'acceptation*

Le critère d'acceptation est que la chaîne d'isolateurs équipée doit être opérationnellement fiable après les séries d'essais. Les conditions de fiabilité opérationnelle doivent être vérifiées aussi bien pour le comportement mécanique qu'électrique conformément aux critères du tableau 3 ci-dessous.

Un soin particulier doit être apporté à l'évaluation des résultats d'essai.

- Metallic insulator components and all load-bearing fittings shall be examined and photographed for arc damage that could have an effect on their mechanical strength. This includes partial melting, arc puddling, and metallic evaporation.
- All metallic components that are galvanized shall be examined for damage to the coating that could sustain future corrosion.
- All metallic components that carry significant levels of surface electrical stress shall be examined for localized contour changes which might induce excessive corona and radio noise.

12.2 *Porcelain or glass insulators*

In addition to the visual examination for damage to the hardware components of insulators, porcelain or glass insulators shall be examined for damage to the insulating component. Damage to the insulating component can include the following:

- partial or complete breakage of glass or porcelain sheds;
- glaze burning on porcelain insulators.

Ring testing of the sheds of cap and pin insulators can be helpful as a preliminary means of detecting possible internal dielectric fractures in porcelain insulators. However, this method is somewhat subjective, and can be used only as a preliminary assessment before performing the analysis outlined in table 3.

12.3 *Composite insulators*

In addition to visual examination for hardware damage, composite insulators shall be examined for damage to the insulating element. Damage to the insulating element can include the following:

- surface changes, such as discoloration, erosion, or arc plasma deposits;
- splitting or puncture of individual sheds;
- major housing damage which allows exposure of the fibreglass rod, loss of seal at end fittings or joints, or exudation of sealing grease, where used.

12.4 *Acceptance criteria*

The acceptance criteria is that the insulator set shall be operationally safe after the conclusion of the test series. The operational safety conditions shall be verified both for the mechanical and electrical behaviour, in accordance with the criteria defined in table 3 below.

Special care shall be taken in judging the test results.

Tableau 3 – Critères d'évaluation d'essai

Critère ou essai à effectuer	Critères d'évaluation
Séparation d'isolateurs	Pas permis
Brûlure, casse des jupes, perte d'émail, surfaces galvanisées fondues	Permis
Exposition du jonc de fibre de verre (isolateurs composites seulement)	Pas permis
Essai de contournement à fréquence industrielle à sec pour vérifier l'absence de perforation (classe B seulement)	Tous les éléments doivent être essayés et doivent contourner par l'extérieur.
Essai de rupture mécanique	Tous les élément endommagés doivent tenir 80 % de CRS ou CMS ¹⁾
Essais sur les accessoires et les conducteurs	Selon le CE ou SC CEI approprié, ou selon accord
¹⁾ Pour les chaînes d'isolateurs à capot et tige, les éléments à essayer doivent comprendre au moins les trois premiers éléments du côté ligne, les trois premiers éléments du côté terre et les trois éléments du milieu de la chaîne d'ignition.	

Table 3 – Test assessment criteria

Criteria or test to be performed	Assessment criteria
Insulator separation	Not permitted
Burning, breaking of sheds, glaze removal, melting of galvanised surfaces	Permitted
Exposure of the fibreglass core (composite insulators only)	Not permitted
Dry power frequency flashover to check for puncture (class B only)	All units shall be tested and external flashover shall occur
Mechanical failing load test	All damaged units shall withstand 80 % of SFL or SML ¹⁾
Tests on fittings and conductors	In accordance with the relevant IEC TC/SC or by agreement
¹⁾ For cap and pin insulator sets, the units to be tested shall include at least the first three units from the line side, the first three units from the earth side, and the three central units from the ignited branch.	

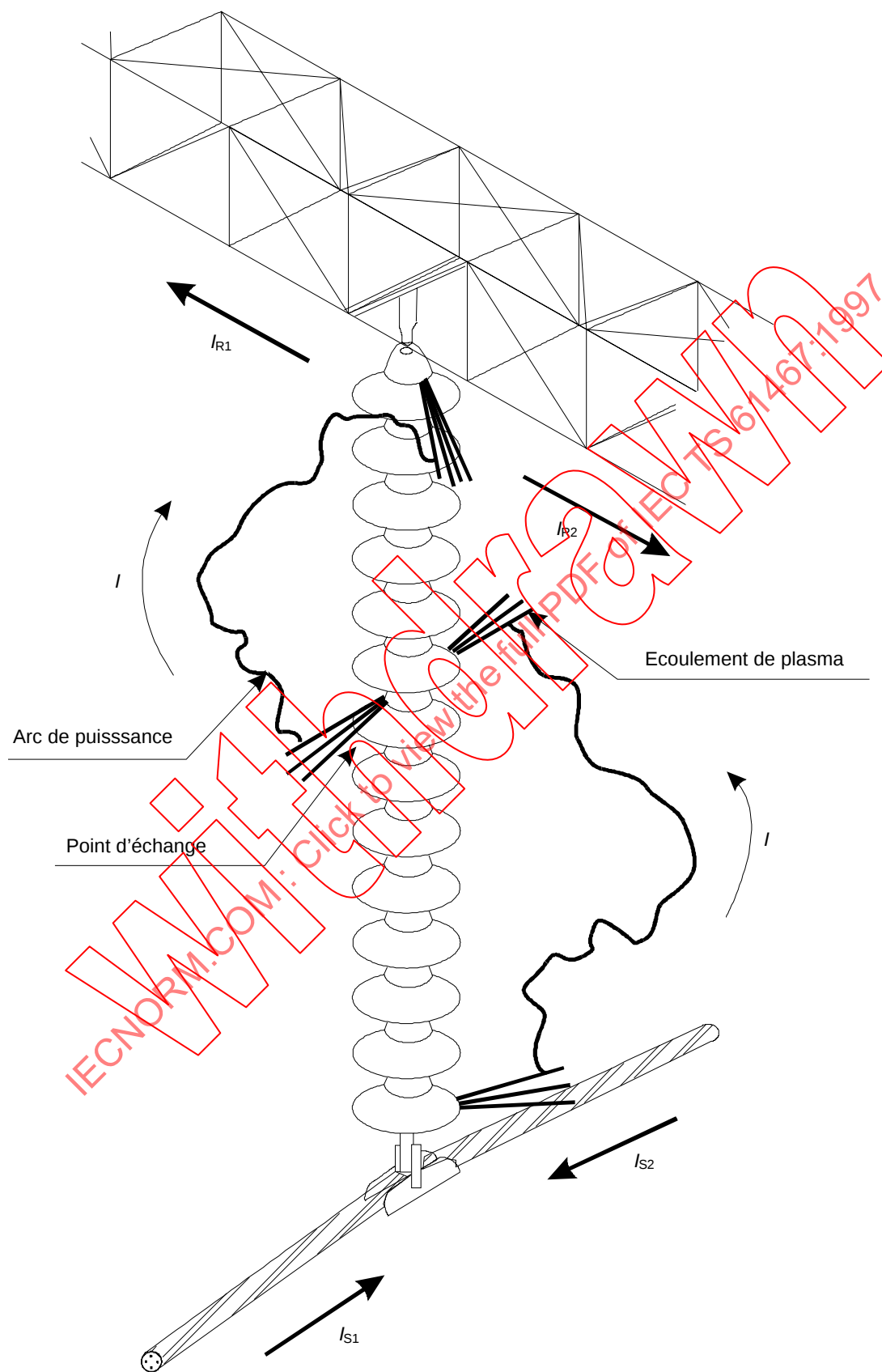


Figure 1 – Illustration des courants d'alimentation et de retour

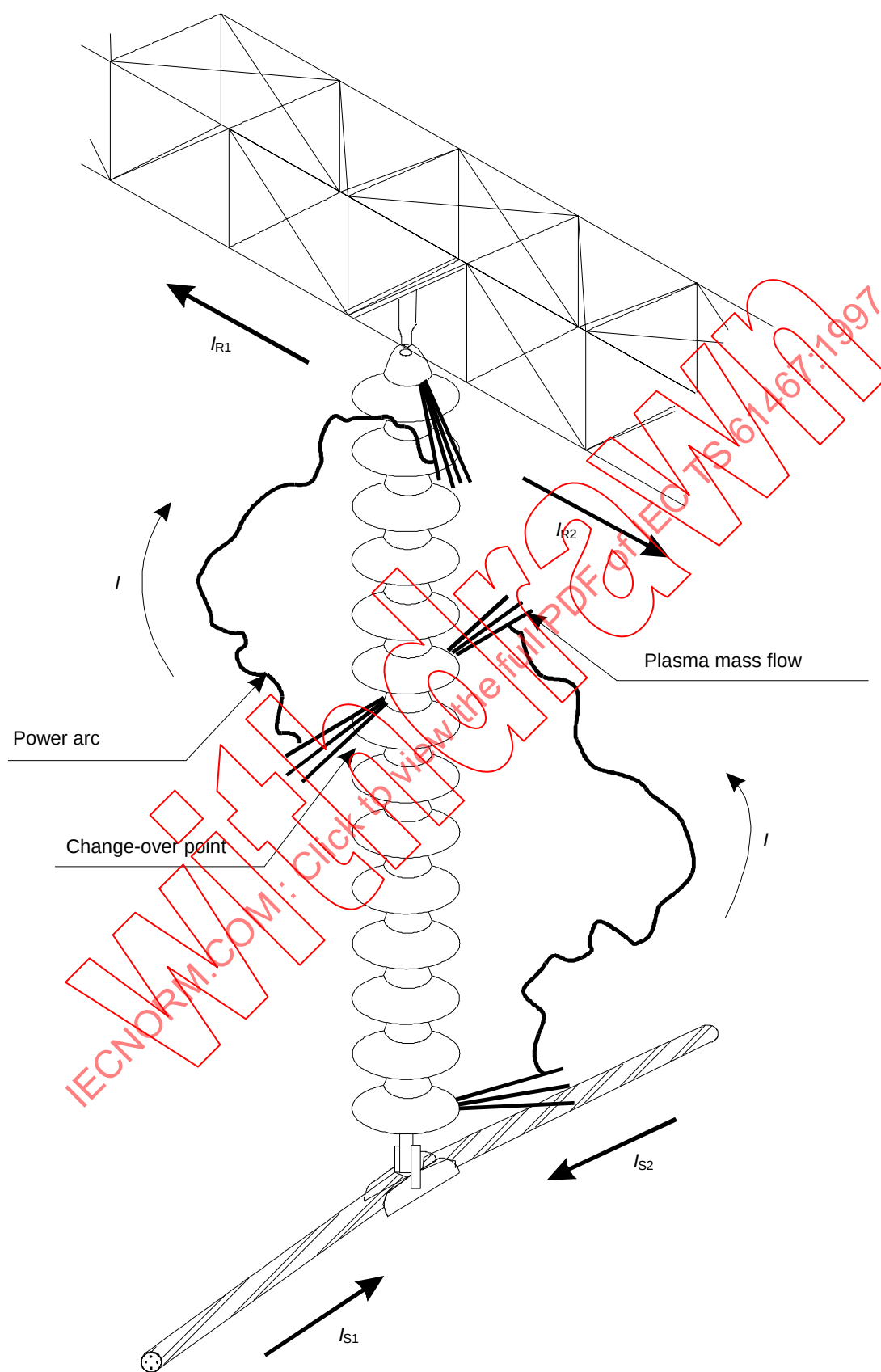


Figure 1 – Illustration of supply and return currents

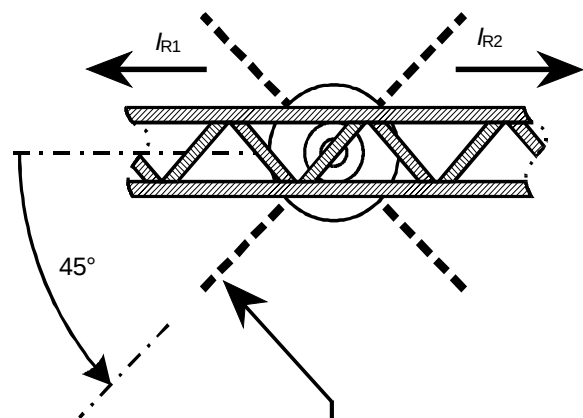
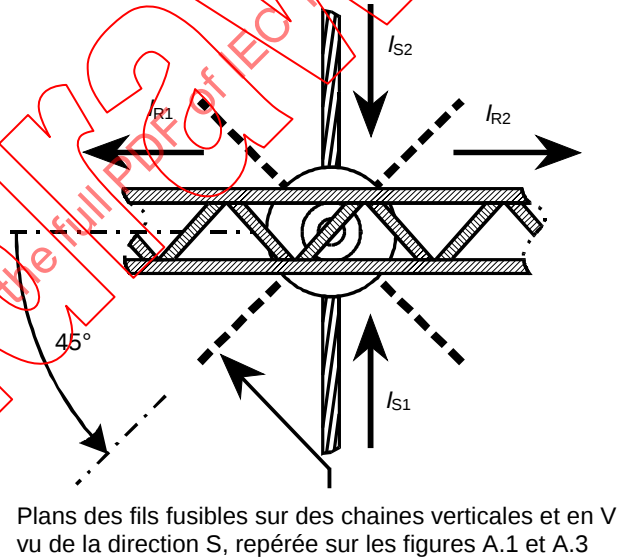
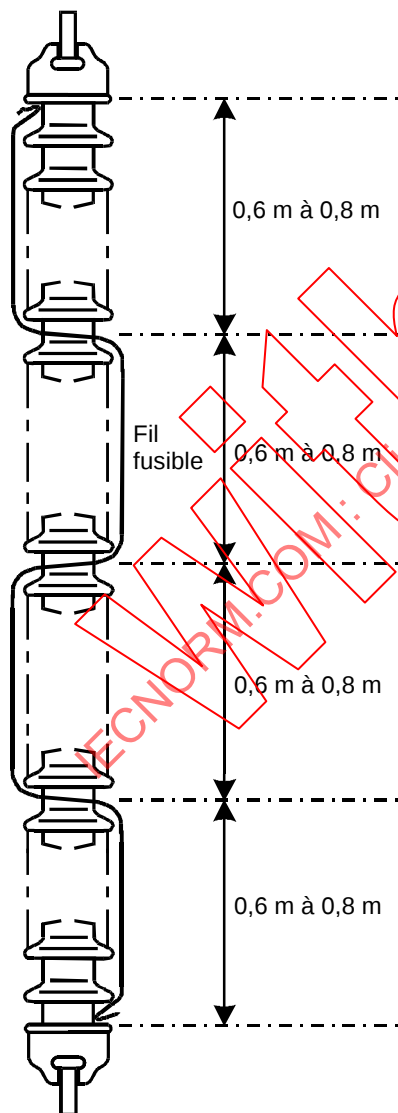
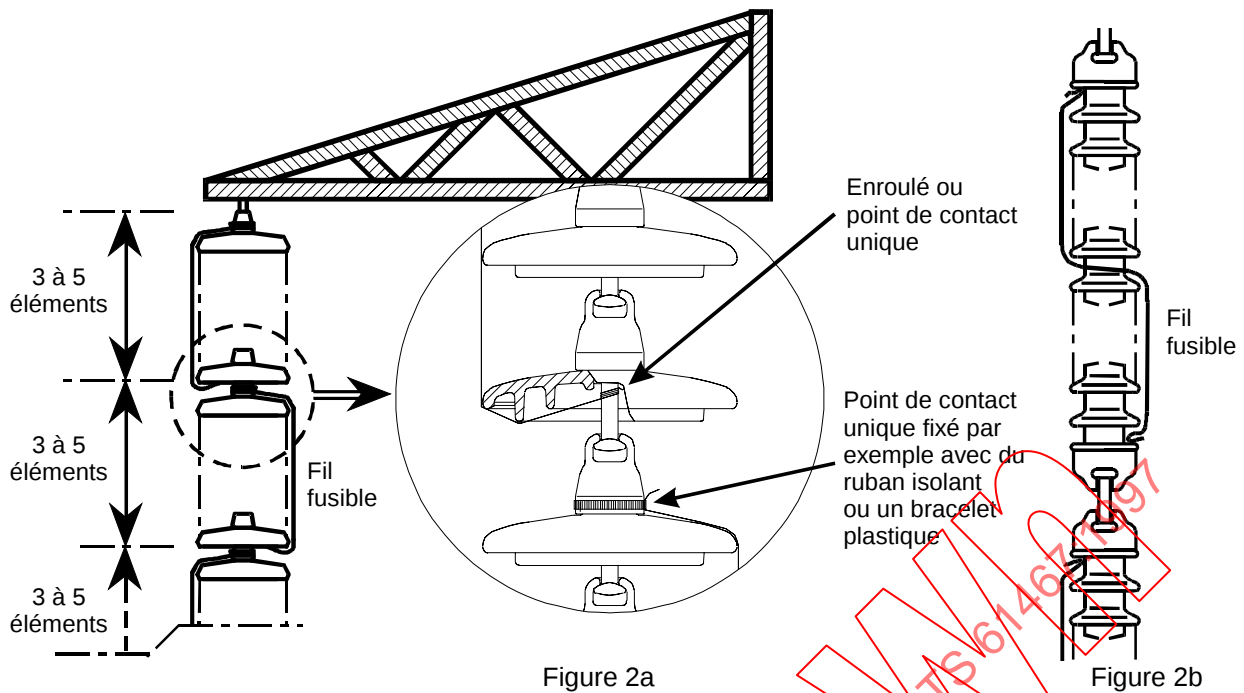


Figure 2e

Figure 2 – Initiation de l'arc

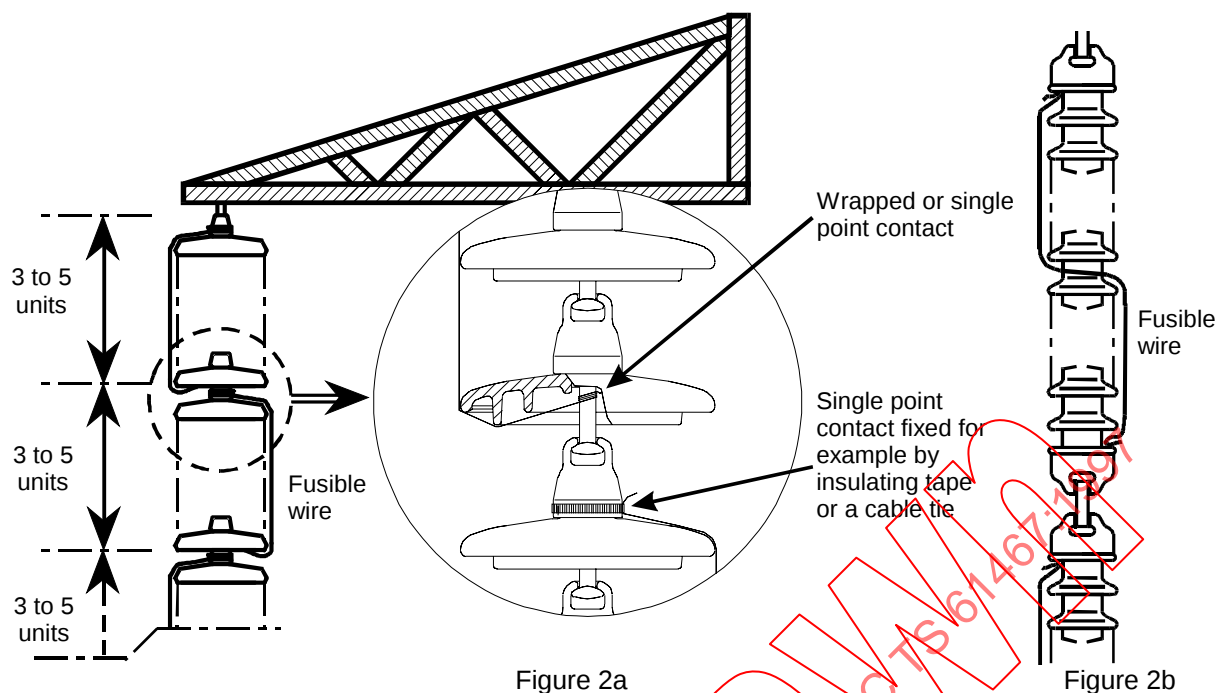


Figure 2a

Figure 2b

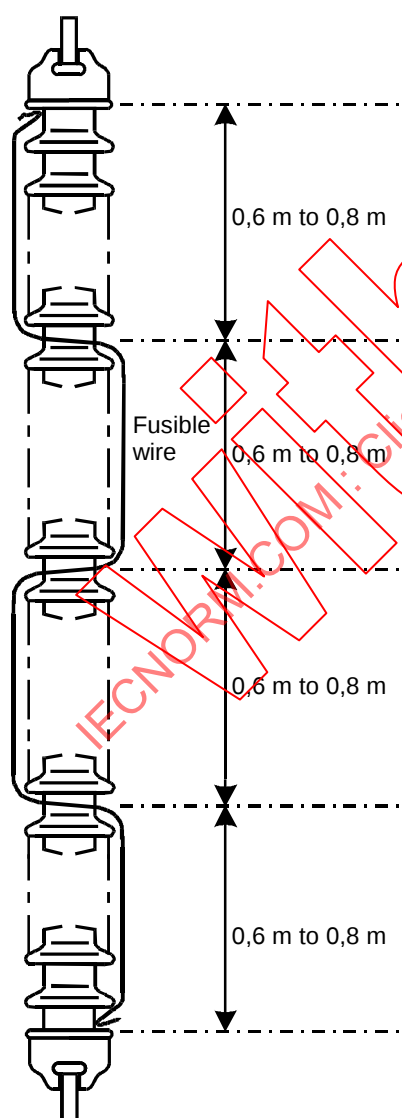


Figure 2b

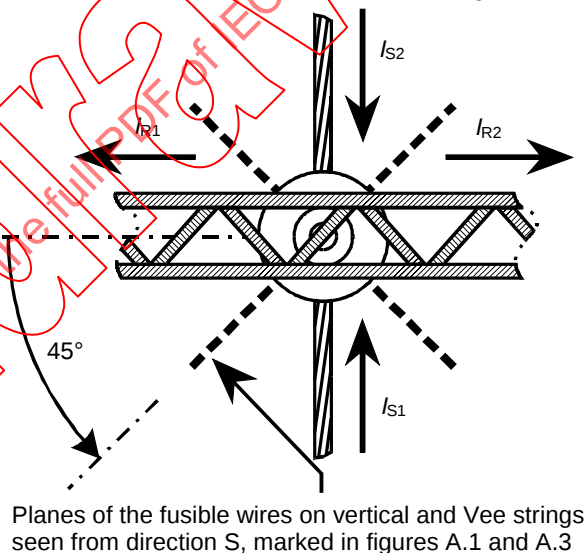


Figure 2d

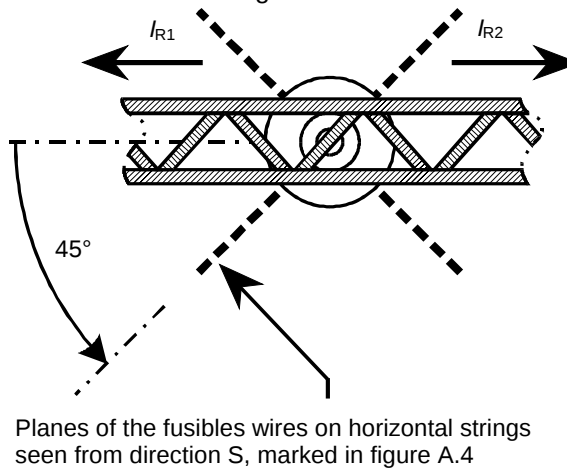


Figure 2e

Figure 2 - Arc initiation

Annexe A **(normative)**

Montages d'essais et méthodes pratiques de simulations de pylône (circuit de retour)

Dans le circuit de retour, le courant peut s'écouler soit à travers la structure métallique simulant le pylône, soit alternativement dans un ou plusieurs conducteurs disposés dans la structure elle-même. Dans ce dernier cas, le conducteur peut être disposé parallèlement à la structure métallique sans isolation, mais avec accord le conducteur peut être fixé parallèlement et isolé de la structure (voir figure A.2).

Dans les deux cas, la simulation des parties du pylône faisant face à la chaîne d'isolateurs équipée doit être construite en treillis métallique approprié d'une longueur qui ne soit pas inférieure à celle de la chaîne d'isolateurs équipée, et d'une longueur minimale de 2,5 m (voir L_R dans les figures A.1, A.2 et A.3).

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées longues, une longueur L_R de 6 m est suffisante (voir figures A.1, A.2 et A.3).

Lorsque le profil du pylône est inconnu, il doit être convenu d'une valeur réaliste des dimensions de simulation du pylône. La raison de la simulation du pylône au voisinage du côté terre de la chaîne d'isolateurs équipée est de permettre le transfert des pieds d'arc sur la structure.

Annex A **(normative)**

Test arrangements and practical methods of tower simulation (return circuit)

In the return circuit, the current can flow either in the metallic structure simulating the tower or alternatively in conductor(s) placed within the structure itself. In the latter case, the conductor may be fixed parallel to the steel structure without insulation, but by agreement the conductor may be fixed parallel to and insulated from the structure (see figure A.2).

In both cases, the simulation of the configuration of the parts of the tower facing the insulator set shall be constructed of a suitable framework of dimensions not less than the length of the insulator set, with a minimum length of 2,5 m (see L_R in figures A.1, A.2 and A.3).

In the case of long insulator sets, a length L_R of 6 m is sufficient (see figures A.1, A.2 and A.3).

When the tower configuration is unknown, a realistic value for the dimensions of the tower simulation shall be agreed. The reason for the simulation of the tower near to the earthed end of the insulator set is to permit the arc root to transfer to the structure.

Légende:

- $L_R \geq L_B$ et $L_R \geq 2,5$ m
- $L_S \geq L_B$ et $L_S \geq 2,5$ m
- Pour des chaînes équipées longues ($L_B \geq 6$ m)
- D , L_R et $L_S \geq 6$ m

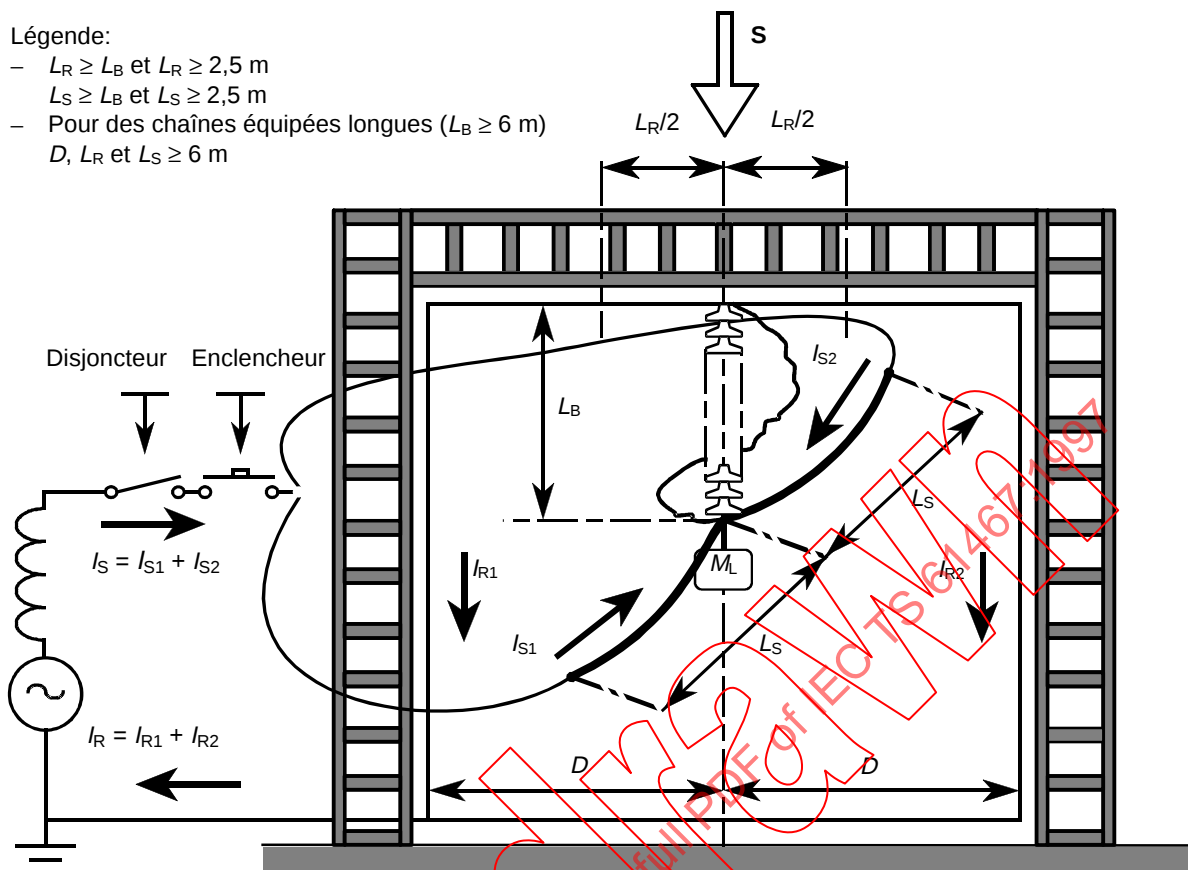


Figure A.1 – Montage d'essais d'une chaîne d'isolateurs équipée verticale

Legend:

- $L_R \geq L_B$ and $L_R \geq 2,5$ m
- $L_S \geq L_B$ and $L_S \geq 2,5$ m
- For long insulator sets ($L_B \geq 6$ m)
- D , L_R and $L_S \geq 6$ m

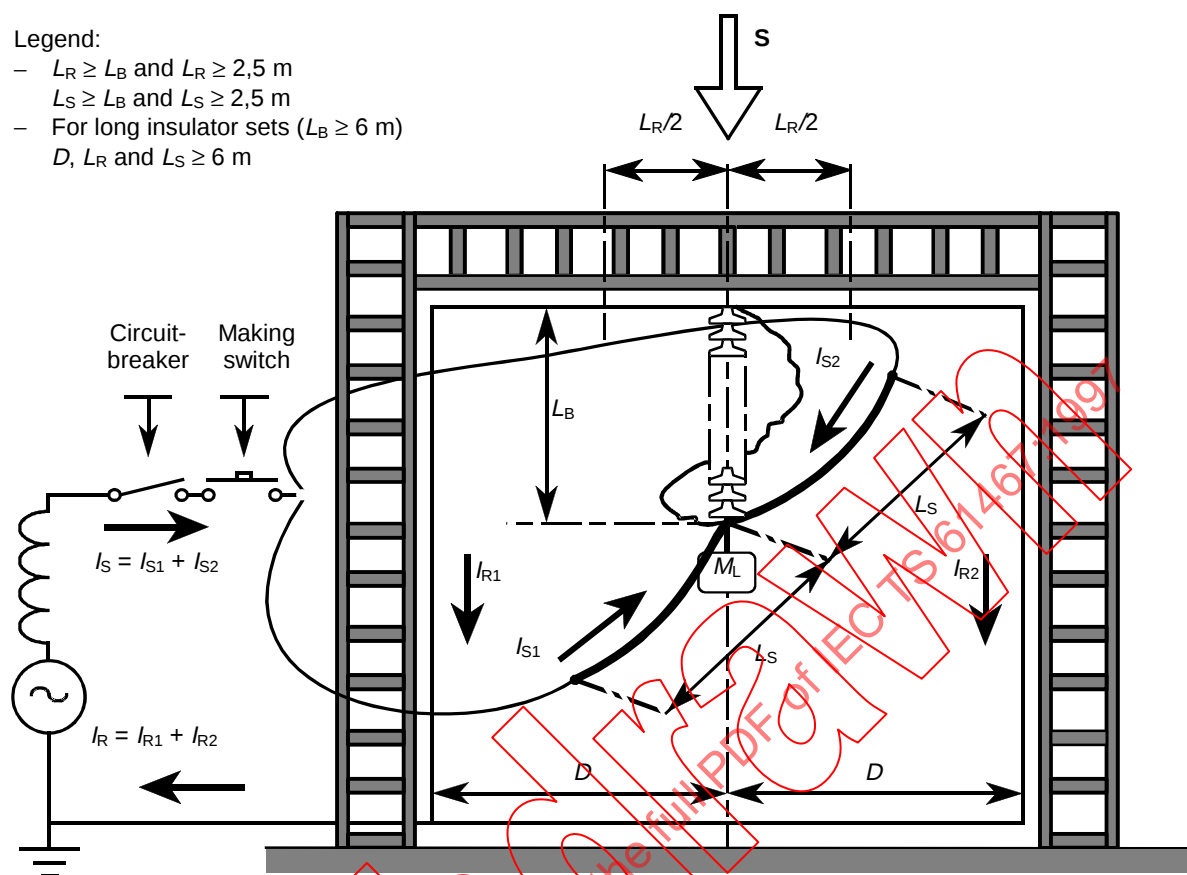


Figure A.1 - Test arrangement of vertical insulator set

Simulation de la configuration réelle du pylône au voisinage du côté terre de la chaîne d'isolateurs équipée.

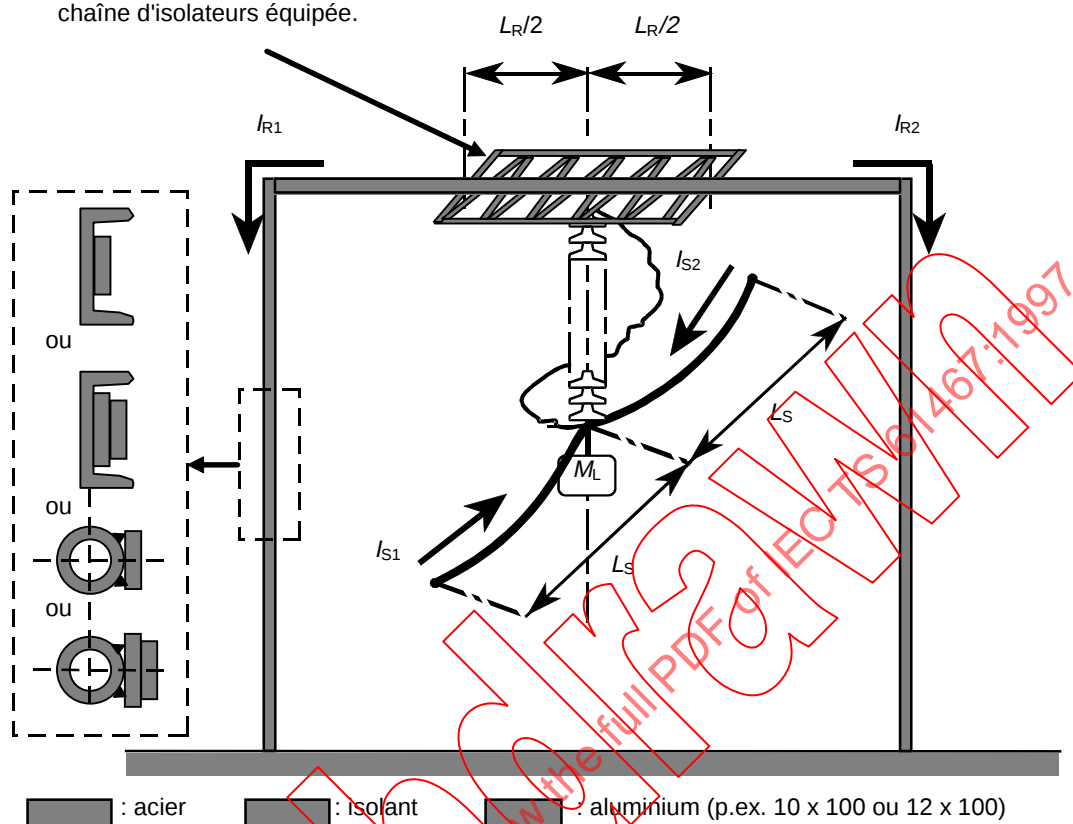


Figure A.2 – Montage d'essais d'une chaîne d'isolateurs équipée verticale utilisant une structure métallique simplifiée du pylône

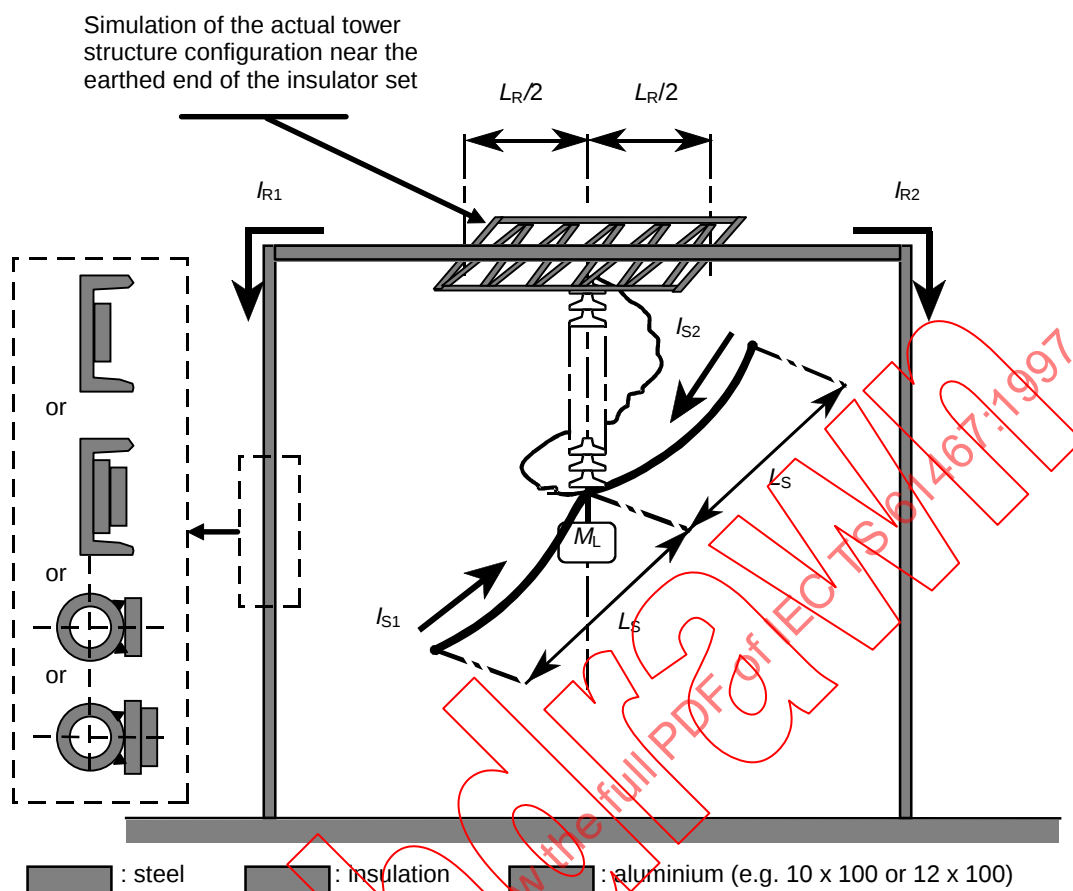


Figure A.2 – Test arrangement of vertical insulator set using simplified tower steel structure

Légende:

- $L_R \geq L_B$ et $L_R \geq 2,5$ m
- $L_S \geq L_B$ et $L_S \geq 2,5$ m
- Pour des chaînes équipées longues ($L_B \geq 6$ m)
- D , L_R et $L_S \geq 6$ m

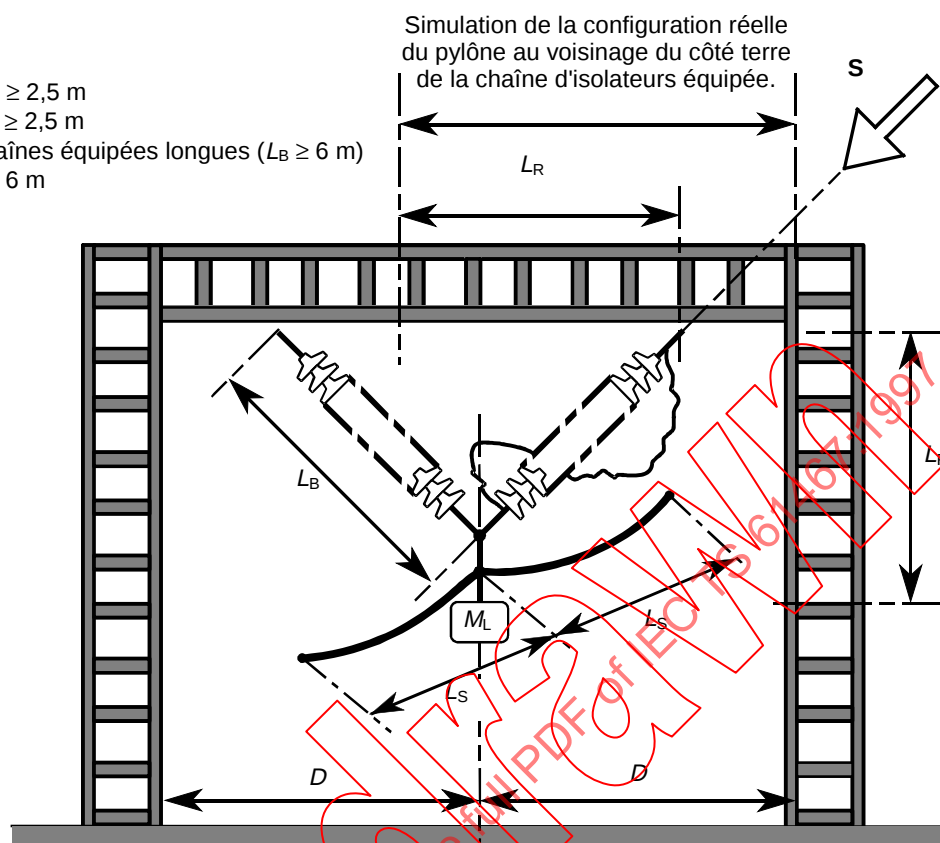


Figure A.3 – Montage d'essais d'une chaîne d'isolateurs équipée en V située au centre du pylône (voir figures A.1 et A.2 pour la structure métallique simplifiée du pylône et le circuit de retour)

Legend:

- $L_R \geq L_B$ and $L_R \geq 2,5$ m
- $L_S \geq L_B$ and $L_S \geq 2,5$ m
- For long insulator sets ($L_B \geq 6$ m)
- D , L_R and $L_S \geq 6$ m

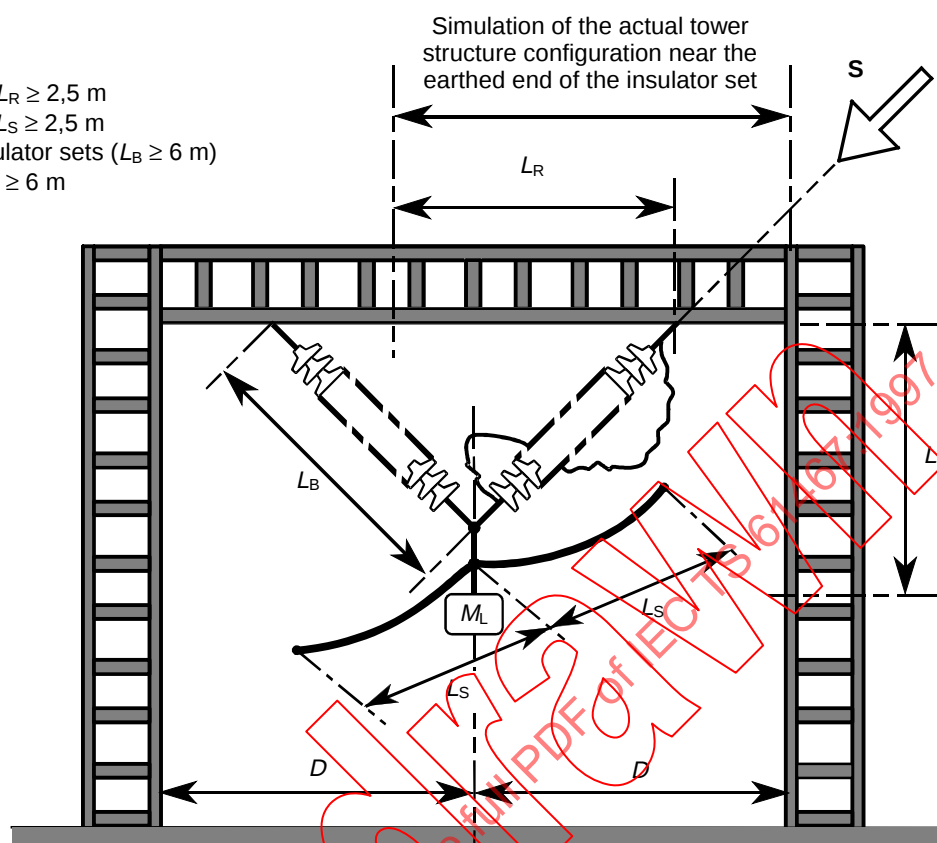


Figure A.3 – Test arrangement of Vee insulator set located in the centre of the tower (for the simplified tower steel structure and return circuit, see figures A.1 and A.2)

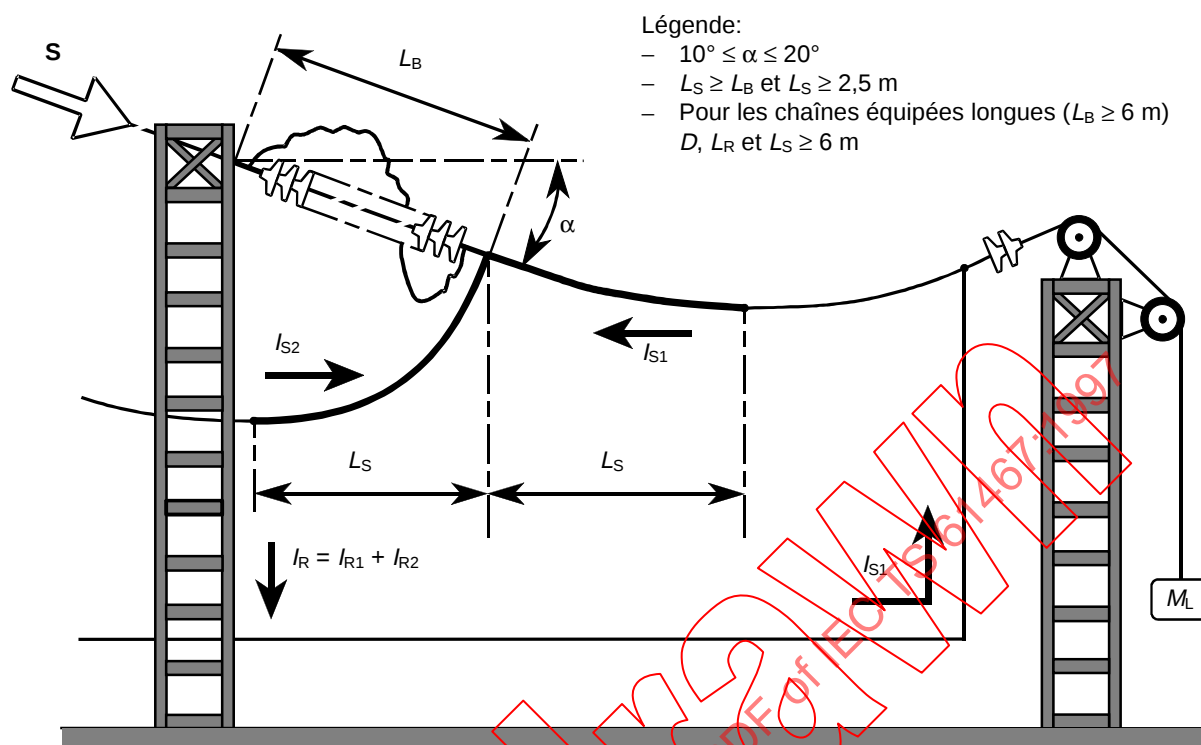


Figure A.4 – Montage d'essais d'une chaîne d'isolateurs équipée horizontale (voir figures A.1 et A.2 pour la structure métallique simplifiée du pylône et le circuit de retour)

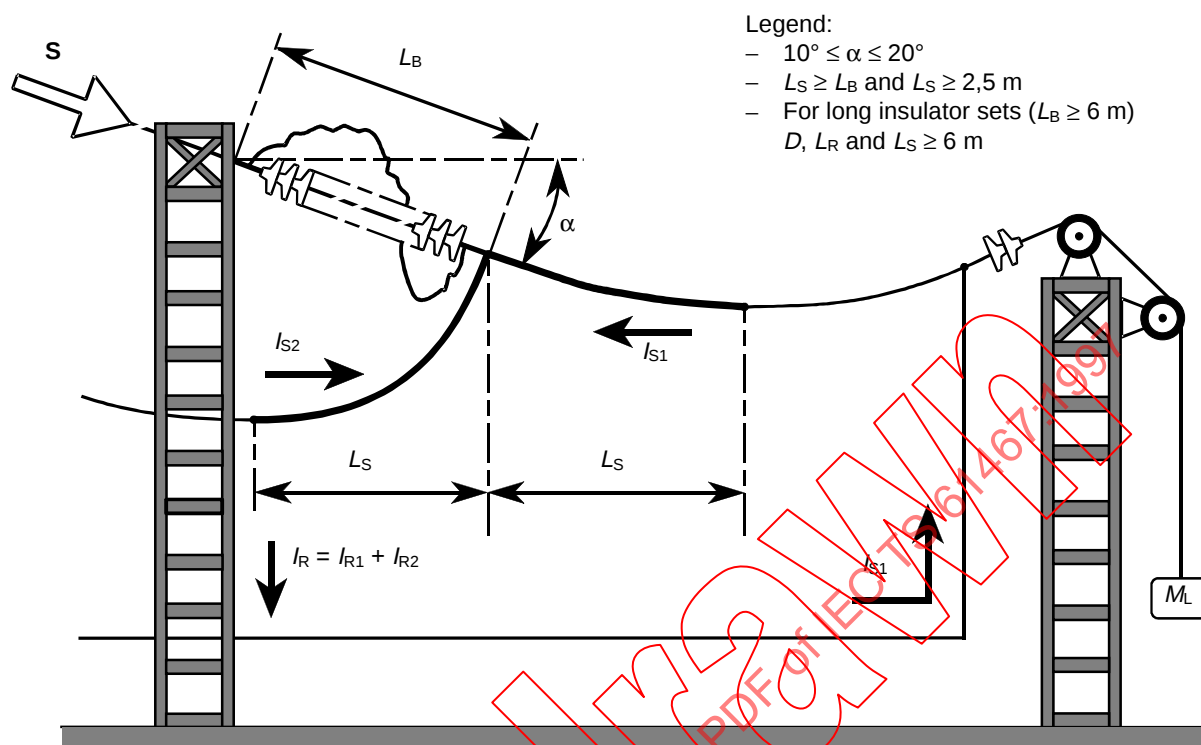


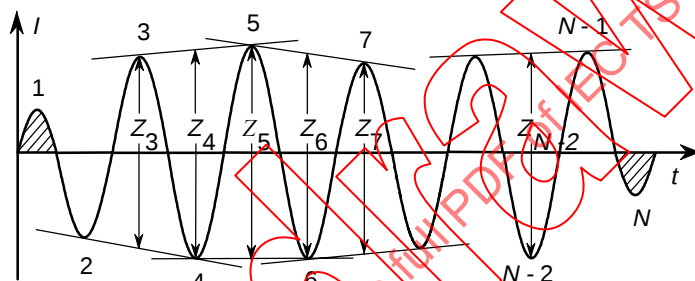
Figure A.4 – Test arrangement of horizontal insulator (for the simplified tower steel structure and return circuit, see figures A.1 and A.2)

Annexe B (normative)

Détermination de la valeur efficace du courant

a) Détermination de la valeur efficace de la composante alternative du courant sur la durée réelle de l'essai

Afin d'éviter une influence possible due à la fluctuation du courant et/ou de la fréquence, la valeur efficace est par conséquent obtenue par une moyenne non pondérée de valeurs efficaces (méthode des trois crêtes). Chaque valeur efficace est obtenue par le glissement d'une crête par rapport à la précédente. Pour empêcher les effets de bord, la première, et si possible la dernière alternance (qui peut être réduite par les disjoncteurs de protection) doivent être omises.



La valeur efficace, pour un signal de N crêtes $[1..N]$, est donnée par l'expression suivante:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \sum_{i=3}^{N-2} (X_i) \quad \text{ou} \quad I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (Z_i)$$

où

X_i est la valeur efficace du courant d'arc pour la crête numéro i ;

Z_i est la valeur crête-à-crête du courant d'arc pour la crête numéro i .

Sous forme analytique, la valeur efficace, pour un signal de N crêtes $[1..N]$, est donnée par l'expression suivante:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (a_i \times t_i + b_i - y_i)$$

où (voir méthode des trois crêtes en b):

t_i est l'instant (abscisse temps) de la crête numéro i ;

y_i est la valeur crête de la crête numéro i ;

a_i est la pente de la ligne droite $f_i(t)$;

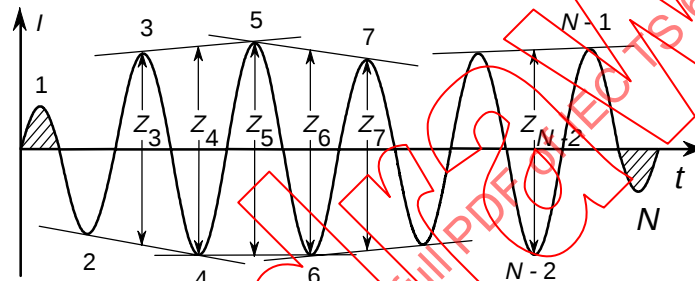
b_i est l'origine de la ligne droite $f_i(t)$ à $t = 0$.

Annex B (normative)

Determination of the r.m.s. value of the current

a) *Determination of the r.m.s. value of the a.c. component of the current over the actual duration of the test*

To avoid a possible effect of current and/or frequency flowing, the r.m.s. value is therefore obtained from a non-weighted average of r.m.s. values (three-crest method). Each r.m.s. value is obtained by a sliding of one crest to the previous one. To prevent border effects, the first, and if possible the last loop (which could be reduced by protective master breakers) shall be omitted.



The r.m.s. value is given for a signal with N crests $[1..N]$ by the following expression:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \sum_{i=3}^{N-2} (X_i) \quad \text{or} \quad I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (Z_i)$$

where

X_i is the r.m.s. value of the arc current at crest number i ;

Z_i is the peak-to-peak value of the arc current at crest number i .

In the analytical form, the r.m.s. value is given for a signal with N crests $[1..N]$ by the following expression:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (a_i \times t_i + b_i - y_i)$$

where (see three-crest method in *b*)

t_i is the instant (time abscissa) of crest number i ;

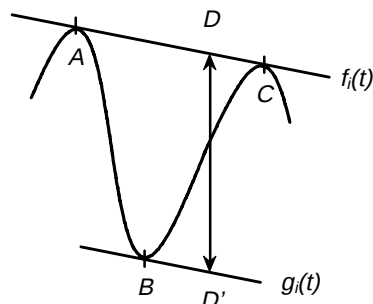
y_i is the peak value of crest number i ;

a_i is the slope of the straight line $f_i(t)$;

b_i is the origin of the straight line $f_i(t)$ at $t = 0$.

b) Méthode des trois crêtes

La méthode évalue la valeur efficace de la composante périodique d'un signal à partir de trois crêtes consécutives $A(t_{i-1}; y_{i-1})$, $B(t_i; y_i)$, $C(t_{i+1}; y_{i+1})$:



La valeur efficace est mesurée comme $\frac{[DD']}{\sqrt{8}}$,

- $f_i(t)$ étant une ligne droite entre A et C:

$$f_i(t) = a_i t + b_i$$

où

$$a_i = (y_{i+1} - y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1})$$

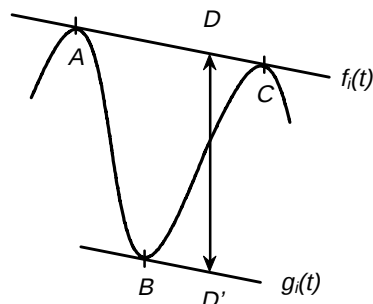
$$b_i = y_{i+1} - a_i t_{i+1}$$

ou $b_i = y_{i-1} - a_i t_{i-1}$

- $g_i(t)$ étant une ligne droite parallèle à $f_i(t)$.

b) Three-crest method

The method evaluates the r.m.s. value of the a.c. component of a signal from three consecutive crests $A(t_{i-1}; y_{i-1})$, $B(t_i; y_i)$, $C(t_{i+1}; y_{i+1})$:



The r.m.s. value is measured as $\frac{[DD']}{\sqrt{8}}$,

– $f_i(t)$ being a straight line between A and C:

$$f_i(t) = a_i t + b_i$$

where

$$a_i = (y_{i+1} - y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1})$$

$$b_i = y_{i+1} - a_i t_{i+1}$$

or $b_i = y_{i-1} - a_i t_{i-1}$

– $g_i(t)$ being a straight line parallel to $f_i(t)$.

Annexe C (informative)

Tension à vide de la source de puissance

Il convient que la tension à vide de la source de puissance soit assez élevée pour tenir les tolérances spécifiées pour le courant d'arc et pour permettre la réallumage de l'arc au courant zéro. Cette prescription est applicable à condition que l'arc ne s'éloigne pas trop de ses racines d'origine, en particulier pas trop loin le long du conducteur. Dans tous les cas, la tension à vide de la source de puissance ne doit pas être supérieure à la tension assignée de la chaîne équipée.

Les tensions à vide suivantes, de la source de puissance, sont données à titre d'indication (L_A est exprimé en mètres).

- 7 kV à 10 kV pour les chaînes d'isolateurs équipées pour des tensions de réseau $U < 72,5$ kV,
- $L_A \times 7$ kV pour les chaînes d'isolateurs équipées pour des tensions de réseau $72,5 \leq U < 245$ kV,
- $L_A \times (5 \text{ kV à } 6 \text{ kV})$ pour les chaînes d'isolateurs équipées pour des tensions de réseau $U \geq 245$ kV.

Annex C (informative)

No-load voltage of the power source

The no-load voltage of the power source should be high enough to provide for keeping the specified tolerances on the arc current and for the re-ignition of the arc at current zero. This requirement is under the proviso that the arc does not move too far away from its original roots, in particular not too far out on to the conductor. In all cases, the no-load voltage of the power source should not exceed the rated voltage of the set.

The following no-load voltages of the power source are given for guidance (L_A is expressed in metres).

- 7 kV to 10 kV in the case of insulator sets for system voltages $U < 72,5$ kV,
- $L_A \times 7$ kV in the case of insulator sets for system voltages $72,5 \leq U < 245$ kV,
- $L_A \times (5 \text{ kV to } 6 \text{ kV})$ in the case of insulator sets for system voltages $U \geq 245$ kV.

Annexe D (informative)

Arcs de puissance sur des chaînes d'isolateurs équipées et leur simulation exacte par un positionnement approprié des fils fusibles

Le contournement d'une chaîne d'isolateurs polluée à la tension d'exploitation ou causé par une surtension de manoeuvre a lieu le long de la surface de l'isolateur. Au moment du contournement, l'arc se compose de différentes sections; ces sections d'arc ou arcs partiels relient des parties métalliques à d'autres parties métalliques (dans le cas de chaînes d'isolateurs à capot et tige, des capots vers les tiges), et ils se trouvent dans des plans relatifs disposés aléatoirement. Lorsque des arcs partiels voisins sont placés dans des plans distants les uns des autres ($\approx 180^\circ$) des pieds d'arc intermédiaires peuvent avoir une longue durée de vie. La simulation du contournement par pollution, aboutissant à des pieds d'arc intermédiaires et exposant la chaîne d'isolateurs à des contraintes plus importantes que dans le cas d'un contournement unique par un choc de foudre, est utilisée pour les essais d'arc de puissance. Le phénomène décrit, c'est-à-dire les arcs partiels dans les premières millisecondes et les pieds d'arc intermédiaire (formant des points d'échange), est montré à la figure D.1. Pour l'essai d'arc de puissance, ces points d'échange doivent être forcés par une disposition appropriée des fils fusibles.

Le mouvement des arcs de puissance qui se développent sur des chaînes d'isolateurs haute tension, et les contraintes imposées aux isolateurs par les arcs de puissance sont influencés par trois effets.

- a) Le premier effet est l'immobilité des sections d'arc adjacentes aux pieds d'arc. Des jets intenses de plasma sont émis à partir des pieds d'arc. Puisque les pieds d'arc sont immobiles, les arcs sont fixés à ces derniers. La section d'arc dans le voisinage du pied d'arc suit la direction du jet fortement conducteur de plasma. Le jet de plasma n'est pratiquement pas influencé par les forces électrodynamiques, par le vent ou les effets thermiques.
- b) Les sections d'arc à quelque distance des pieds d'arc (qui ne sont pas soumises à l'action du facteur a) sont affectées par les forces électrodynamiques, le vent et les effets thermiques, obligeant souvent ces sections à se déplacer.
- c) Des parties des sections d'arc, se déplaçant sous l'effet b), peuvent se rapprocher si près les unes des autres ou de certaines parties métalliques, qu'un nouveau canal d'arc est créé par un amorçage dû à la différence de potentiel existant entre de telles parties d'arcs, provoquant habituellement l'extinction du cheminement initial. De cette façon des modifications brutales dans la position de l'arc se produisent: les pieds d'arc initiaux disparaissent ou sont relégués vers d'autres positions et de nouveaux pieds d'arc se développent. Dans le cas de courants plus forts, l'ionisation est plus intense et la probabilité d'amorçage est accrue.

Les images de caméra rapide de la figure D.1 montrent un essai d'arc de puissance à 5 kA sur une chaîne 145 kV d'isolateurs polluée constituée de sept éléments capot et tige. Les arcs partiels situés aléatoirement dans les premières millisecondes et la longue durée de vie des pieds d'arc intermédiaires (points d'échange) peuvent être observés. Dans le cas des isolateurs à fût long et composite, lors du contournement, l'arc partiel sur un élément ne brûle généralement pas sur une ligne droite, et des points d'échange existent seulement aux extrémités des éléments.

L'expérience d'un grand nombre de contournements par pollution et d'essais d'arc de puissance initié par des fils fusibles effectués dans des laboratoires conduit au positionnement proposé des fils fusibles comme indiqué à la figure 2. L'initiation de l'arc est adaptée pour forcer le positionnement de ces points d'échange, et conduit à une simulation réaliste de la répartition des contraintes le long de la chaîne d'isolateurs équipée essayée.

Annex D (informative)

Power arcs on insulator sets and their true simulation by appropriate positioning of fusible wires

Flashover on a contaminated insulator string at rated voltage, or caused by switching over-voltage, occurs along the surface of the insulator. At the moment of flashover the arc consists of different sections, the arc sections or partial arcs lead from metal parts to other metal parts (in the case of cap and pin insulator strings, from caps to pins), and they are positioned in different planes situated at random from each other. When neighbouring partial arcs are positioned in planes far from each other ($\approx 180^\circ$) intermediate arc roots can exist for a long time. The simulation of contaminated flashover, resulting in intermediate arc roots and causing higher stress of the insulator string than lightning bridging alone, is used for power arc tests. The described phenomenon, that is the partial arcs in the first milliseconds and the intermediate arc roots (forming changeover points) are shown in figure D.1. For the power arc test, these changeover points have to be forced by appropriate positioning of the fusible wires.

The movement of power arcs developing on high-voltage insulator strings and the stresses imposed on the insulators by the power arcs are determined by three effects.

- a) The first effect is the immobility of arc sections adjacent to the arc roots. Intense plasma mass flows are emitted from the roots. Since the arc roots are immobile, the arcs are fixed to the latter. The arc section in the vicinity of the arc root follows the direction of the highly conductive plasma flow. The plasma flow is practically not influenced by electrodynamic force, wind and thermal buoyancy.
- b) Arc sections some distance away from the arc roots (lying outside the action of effect a) are affected by electrodynamic force, wind and thermal buoyancy, frequently causing these sections to move.
- c) Points of arc sections moving under effect b) may come so close to each other or certain metal parts that a new arc channel is produced by breakdown brought about by potential difference between such arc points, usually causing the original path to extinguish. In this way, abrupt changes in arc positions occur: original arc roots disappear or are relegated to other positions and new arc roots develop. In the case of heavier currents, the ionisation is more intense and will result in a higher probability of breakdown.

The high-speed camera pictures in figure D.1 show a 5 kA power arc test on a contaminated 145 kV cap and pin insulator string consisting of seven units. The partial arcs situated at random in the first milliseconds and the long existence of intermediate arc roots (changeover points) can be observed. In the case of long rod and composite insulator units, at the moment of flashover, the partial arc on one unit generally does not burn in one line, and changeover points exist only at the ends of the units.

The experience of a great number of contaminated flashovers and power arc tests initiated by fusible wires performed in laboratories leads to the proposed positioning of fusible wires as shown in figure 2. The arc initiation is suitable to force the position of these changeover points, resulting in a realistic simulation of stress distribution along the tested insulator set.

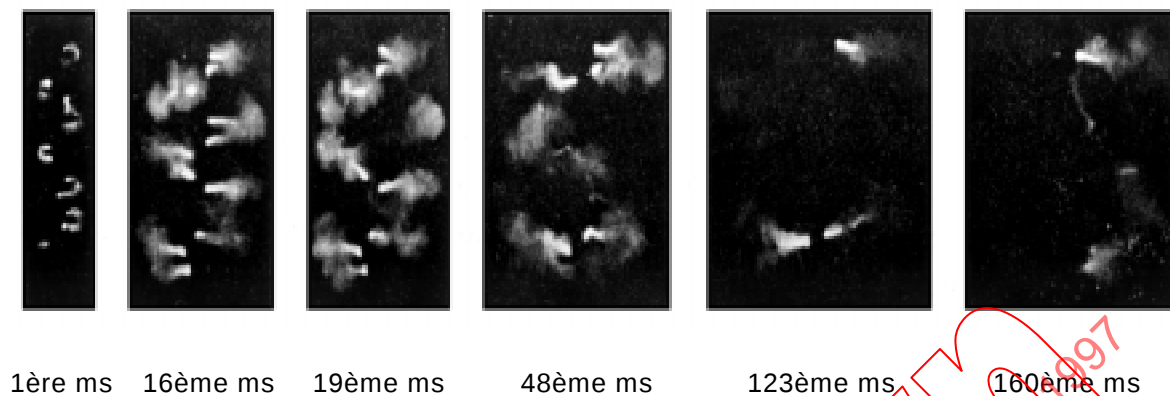


Figure D.1 – Essai d'arc de puissance à 5 kA d'une chaîne 145 kV constituée de sept éléments d'isolateurs capot et tige

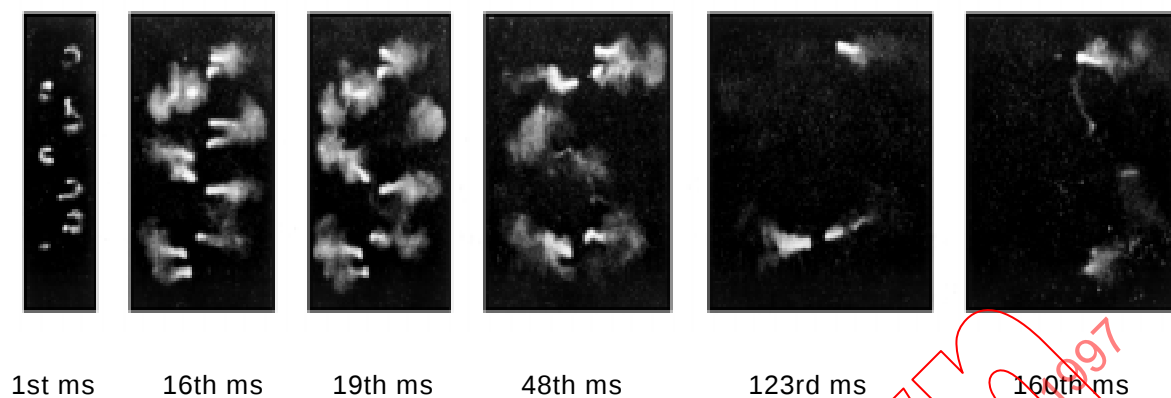


Figure D.1 – 5 kA power arc test of a 145 kV string consisting of seven cap and pin units

Annexe E (informative)

Vitesse du vent pendant les essais d'arc de puissance

La simulation du contournement de chaînes d'isolateurs polluées, entraînant une contrainte maximale, est utilisée pour les essais d'arc de puissance dans le présent rapport technique.

Dans des conditions de faible courant de défaut et de circuit équilibré (voir article 7 et annexe F), les forces électrodynamiques ne forcent pas l'arc à bouger: de ce fait les sections d'arc éloignées des pieds d'arc sont influencées par le vent. Elles se déplacent pratiquement avec celui-ci.

Lors d'un contournement provoqué par la pollution, le temps est normalement brumeux et les mouvements d'air sont généralement négligeables (< 5 m/s) et cette dernière condition devrait être garantie pour les essais d'arc de puissance. Afin de rendre possible une comparaison efficace des essais d'arc de puissance à des courants plus faibles (< 10 kA), une vitesse maximale du vent de 5 m/s est permise.

Annex E (informative)

Wind velocity during power arc tests

The simulation of flashover on contaminated insulator strings resulting in the highest stress is used for power arc tests in this technical report.

In the case of lower fault current and balanced circuit conditions (see clause 7 and annex F), the electrodynamic forces do not force the arc to move, thus the arc sections some distance away from the arc roots are influenced by the wind. They move practically together with the wind.

In the case of contaminated flashover the weather normally is foggy, hence the air motion is generally negligible (<5 m/s) and this condition should also be guaranteed for power arc tests. To enable efficient comparison of lower current power arc tests (<10 kA), a maximum wind speed of 5 m/s is allowed.

Annexe F (informative)

Variation de l'amplitude du courant de défaut et raisons du choix des paramètres d'essai imposés

Le niveau du courant de défaut varie en fonction de la position du défaut le long de la ligne de transport. Près du jeu de barres à grande puissance (extrémité de la ligne) le courant de court-circuit est élevé et le circuit d'alimentation est déséquilibré. Au milieu d'une ligne, le courant de défaut est de valeur plus faible et le circuit d'alimentation est quasiment équilibré.

Un arc de faible intensité restant près de la chaîne d'isolateurs dans un circuit équilibré peut occasionner des dégâts plus importants que ceux dus à un arc d'intensité plus importante et déplacé par les grandes forces électrodynamiques dans un circuit déséquilibré. Par conséquent, la série d'essais est à effectuer à différents niveaux de courant et avec des circuits d'essais appropriés.

La distribution du courant d'arc et de ses composantes du circuit d'alimentation, le long d'une ligne de 145 kV de 100 km de longueur reliant des jeux de barres de 28 kA de courant de court-circuit, est indiquée à la figure F.1. On peut y voir qu'un faible courant d'arc et un circuit équilibré sont caractéristiques de la ligne.

Les courants de court-circuit de $0,2 I_{sys}$, $0,5 I_{sys}$ et I_{sys} des séquences d'essais prescrites rejoignent les niveaux de courants de défaut caractéristiques le long de la ligne de transport. Les trois essais d'une séquence d'essais sont en rapport avec la séquence de manoeuvres assignée des disjoncteurs de ligne. Les durées correspondent au réglage habituel des disjoncteurs. La troisième durée d'arc, plus longue, est en accord avec le réglage de la protection de secours.

Annex F (informative)

Variation of the fault current magnitude and reasons for the choice of the prescribed test parameters

The fault current level changes depend on the position of the fault along the transmission line. Near to the high power busbar (extremity of the line), the short-circuit current is high and the supply circuit is unbalanced. In the middle of a line, the fault current is of lower value and the supply circuit is practically balanced.

The lower current arc remaining near to the insulator string in a balanced circuit can cause greater damage than a higher current arc moved by the high electrodynamic force in an unbalanced circuit. Consequently, the test series has to be performed at different currents and with appropriate test circuits.

The distribution of the arc current and its supply circuit components along a 100 km long, 145 kV line connecting busbars of 28 kA short-circuit current are shown in figure F.1. It can be seen that the lower arc current and balanced supply circuit are characteristic of the line.

The short-circuit currents of $0,2 I_{\text{sys}}$, $0,5 I_{\text{sys}}$ and I_{sys} of the prescribed test sequences meet the characteristic fault current levels along the transmission line. The three tests in one test sequence are in accordance with the rated operating sequence of the line circuit-breakers. The durations suit the usual timing of the circuit-breakers. The third longer arc duration is in accordance with the timing of the backup protection.

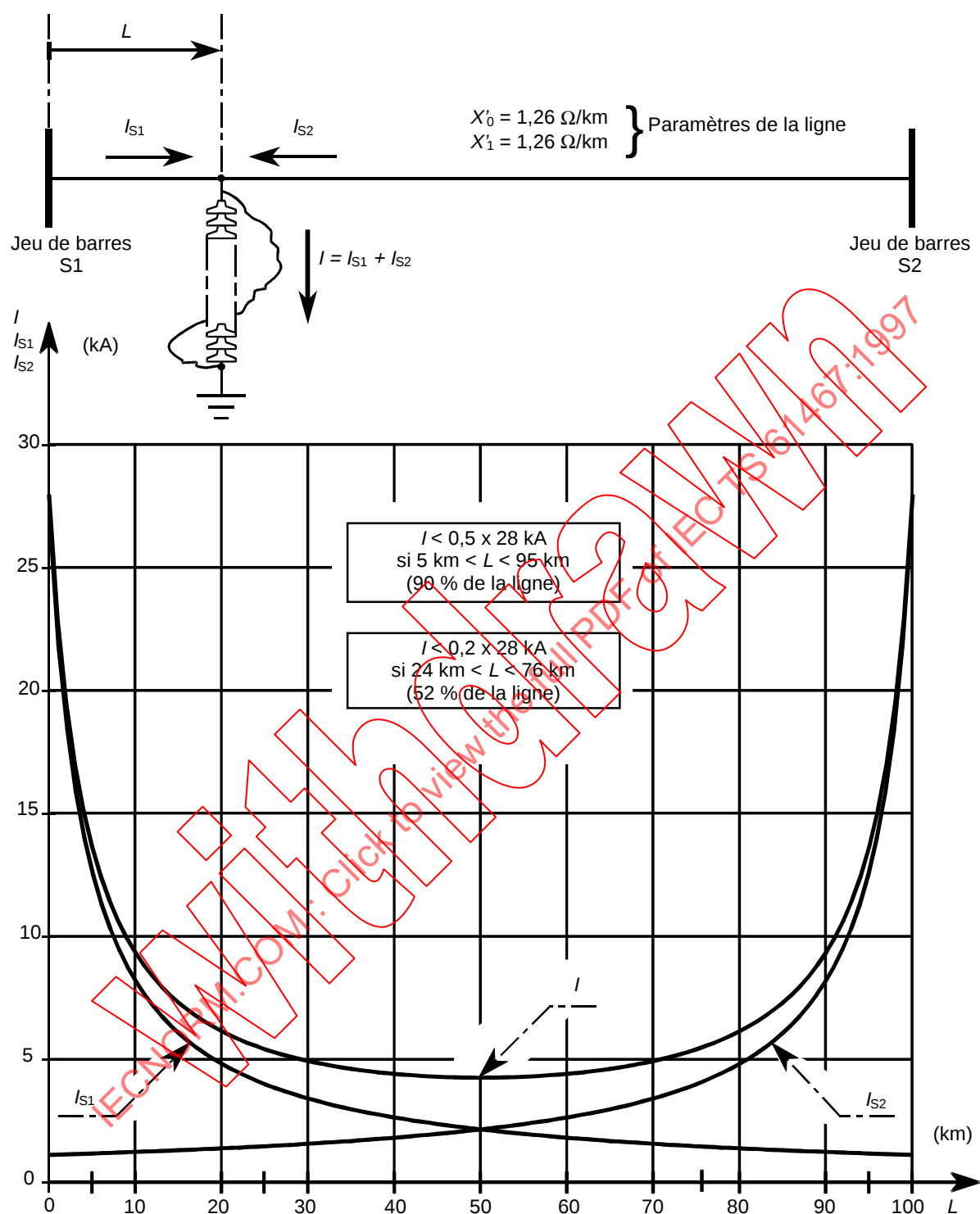


Figure F.1 – Distribution du courant d'arc (I) et de ses composantes du circuit d'alimentation (I_{S1} , I_{S2}) le long d'une ligne de 145 kV de 100 km de longueur reliant des jeux de barres de 28 kA de courant de court-circuit

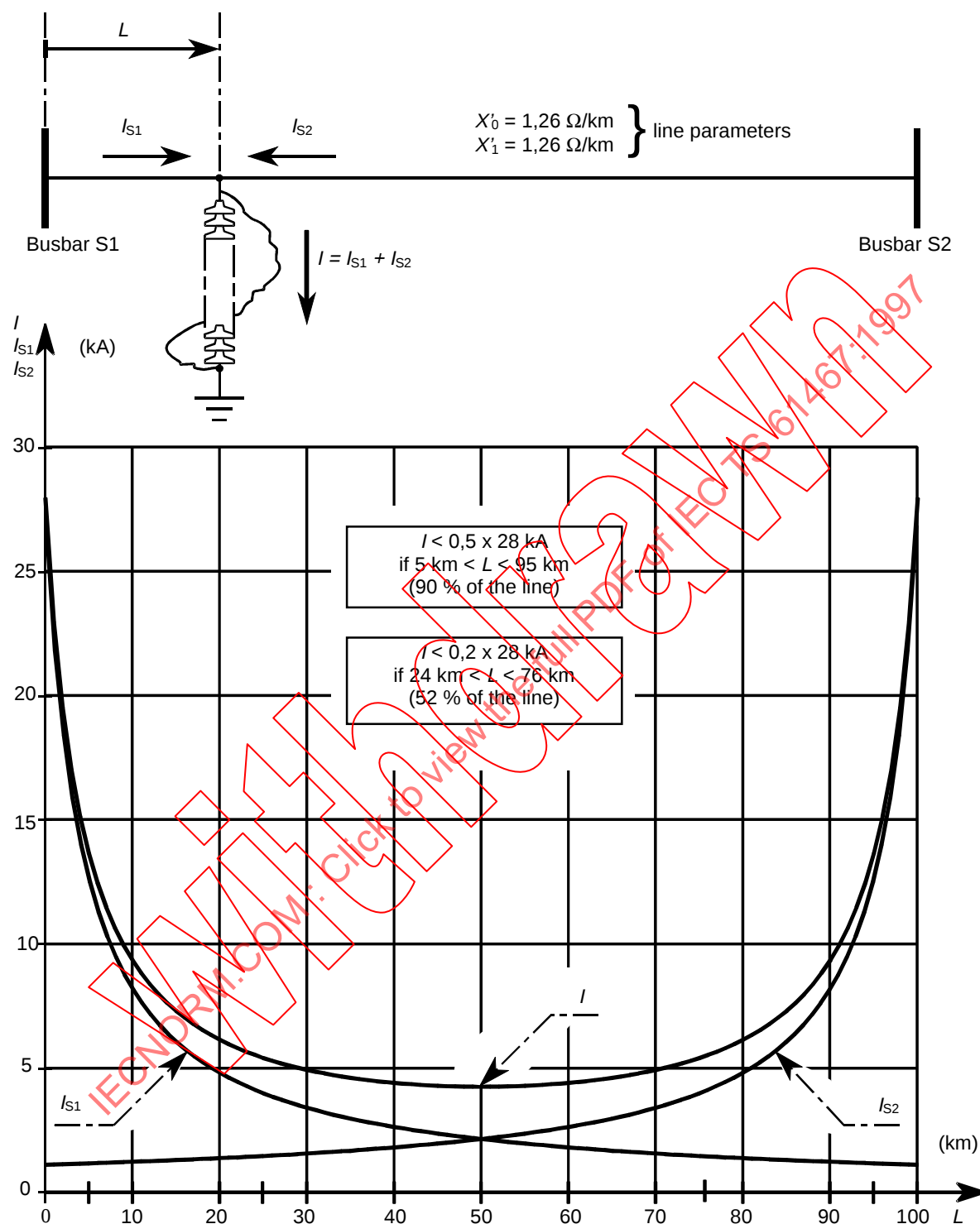


Figure F.1 – Distribution of arc current (I) and its supply circuit components (I_{S1} , I_{S2}) along a 100 km long, 145 kV line connecting busbars of 28 kA short-circuit current