

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
TR 62263**

Première édition
First edition
2005-12

**Travaux sous tension –
Lignes directrices pour l'installation et
la maintenance de câbles à fibres optiques
sur des lignes électriques aériennes**

**Live working –
Guidelines for the installation and maintenance
of optical fibre cables on overhead power lines**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TR 62263:2005

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**
Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**
Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch

Tél: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**
The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. Online information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**
This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**
If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch

Tel: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

CEI
IEC

TR 62263

Première édition
First edition
2005-12

**Travaux sous tension –
Lignes directrices pour l'installation et
la maintenance de câbles à fibres optiques
sur des lignes électriques aériennes**

**Live working –
Guidelines for the installation and maintenance
of optical fibre cables on overhead power lines**

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Termes et définitions	12
3 Compréhension du danger – Théorie de base	18
3.1 Induction de champ électrique provenant de circuits voisins	18
3.2 Induction de champ magnétique provenant de circuits voisins	20
4 Considérations d'ordre général	22
4.1 Considérations techniques	24
4.2 Questions de sécurité	26
4.3 Mise à la terre	32
5 Câble de garde à fibres optiques (CGFO)	36
5.1 Considérations techniques	36
5.2 Procédures d'installation	40
5.3 Questions de sécurité	42
5.4 Mise à la terre	44
6 Câble conducteur de phase à fibres optiques (OPPC)	44
7 Câble optique attaché (COA)	44
7.1 Considérations techniques	44
7.2 Procédures d'installation	46
7.3 Questions de sécurité	48
8 Câble autoporteur tout diélectrique (ADSS)	50
8.1 Considérations techniques	50
8.2 Procédures d'installation	52
8.3 Questions de sécurité	54
8.4 Mise à la terre	54
9 Maintenance	56
9.1 Questions de sécurité	56
9.2 Périodicité de la maintenance systématique	58
9.3 Inspection détaillée	58
9.4 Maintenance corrective	58
10 Synthèse de l'étude	60
Annexe A (informative) Choix de la dimension des terres, des câbles de terre et des mises au potentiel	86
Bibliographie	88
Figure 1 – Exemple représentatif d'un palonnier de déroulage anti-torsion (voir 2.3 et 5.1.1)	62
Figure 2 – Système poulies berceaux à portées multiples– Implantation générale (voir 2.7 et 5.2.2)	64
Figure 3 – Méthode de travail au système de poulies berceaux à portées multiples (voir 2.7 et 5.2.2)	66

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	11
1 Scope	13
2 Terms and definitions	13
3 Understanding the hazard – Basic theory	19
3.1 Electric field induction from nearby circuits	19
3.2 Magnetic field induction from nearby circuits	21
4 General considerations	23
4.1 Engineering considerations	25
4.2 Safety issues	27
4.3 Earthing	33
5 Optical ground wire (OPGW) cable	37
5.1 Engineering considerations	37
5.2 Installation procedures	41
5.3 Safety issues	43
5.4 Earthing	45
6 Optical phase conductor (OPPC) cable	45
7 Optical attached cable (OPAC)	45
7.1 Engineering considerations	45
7.2 Installation procedures	47
7.3 Safety issues	49
8 All dielectric self supporting (ADSS) cable	51
8.1 Engineering considerations	51
8.2 Installation procedures	53
8.3 Safety issues	55
8.4 Earthing	55
9 Maintenance	57
9.1 Safety issues	57
9.2 Routine maintenance periods	59
9.3 Detailed inspection	59
9.4 Corrective maintenance	59
10 Summary of considerations	61
Annex A (informative) Choosing the size of earths, earth cables and bonds	87
Bibliography	89
Figure 1 – Typical anti-twist running board (see 2.3 and 5.1.1)	63
Figure 2 – Multi-span cradle block system – General layout (see 2.7 and 5.2.2)	65
Figure 3 – The multi-span cradle block system work procedure (see 2.7 and 5.2.2)	67

Figure 4 – Méthode de travail au système poulies berceaux à portée unique (voir 2.7 et 5.2.3)	68
Figure 5 – Tension induite par un champ électrique sur un câble à fibres optiques parallèle en cours d'installation (voir 3.1.1).....	70
Figure 6 – Courant induit par un champ électrique sur un câble à fibres optiques parallèle (voir 3.1.2).....	72
Figure 7 – Courant induit par un champ magnétique sur un câble à fibres optiques parallèle (voir 3.2.1).....	74
Figure 8 – Tension induite par un champ magnétique sur un câble à fibres optiques parallèle (voir 3.2.2).....	76
Figure 9 – Exemple représentatif d'un tracteur motorisé de poulies berceaux à portées multiples radiocommandé (voir 5.2.2)	78
Figure 10 – Exemple représentatif de poulies berceaux à portées multiples (voir 5.2.2).....	78
Figure 11 – Bloc-freins (voir 5.2.2 et 5.2.3)	80
Figure 12 – Exemple représentatif d'une poulie berceau à portée unique (voir 5.2.3)	80
Figure 13 – Exemple représentatif de tracteur de poulies berceaux à portée unique alimenté par batterie et radiocommandé (voir 5.2.3)	82
Figure 14 – Exemples de types de câbles à fibres optiques (voir 7)	82
Figure 15 – Exemple représentatif de tracteur motorisé et de machine d'enroulement de câble à fibres optiques (voir 7.1)	84

Figure 4 – The single span cradle block system work procedure (see 2.7 and 5.2.3).....	69
Figure 5 – Electric field induced voltage on a parallel optical fibre cable being installed (see 3.1.1).....	71
Figure 6 – Electric field induced current on a parallel optical fibre cable (see 3.1.2).....	73
Figure 7 – Magnetic field induced current on a parallel optical fibre cable (see 3.2.1)	75
Figure 8 – Magnetic field induced voltage on a parallel optical fibre cable (see 3.2.2).....	77
Figure 9 – Typical multi-span motorized cradle block tug, radio controlled (see 5.2.2)	79
Figure 10 – Typical multi-span cradle block (see 5.2.2).....	79
Figure 11 – Brake unit (see 5.2.2 and 5.2.3)	81
Figure 12 – Typical single span cradle block (see 5.2.3)	81
Figure 13 – Typical single span battery powered cradle block tug, radio controlled (see 5.2.3)	83
Figure 14 – Typical types of optical fibre cable (see 7).....	83
Figure 15 – Typical optical fibre cable motorized tug and wrapping machine (see 7.1)	85

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62263:2005

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – LIGNES DIRECTRICES POUR L'INSTALLATION ET LA MAINTENANCE DE CÂBLES À FIBRES OPTIQUES SUR DES LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il 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.

La CEI 62263, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 78 de la CEI: Travaux sous tension.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIVE WORKING –
GUIDELINES FOR THE INSTALLATION AND MAINTENANCE
OF OPTICAL FIBRE CABLES ON OVERHEAD POWER LINES**

FOREWORD

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

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 62263, which is a technical report, has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
78/634/DTR	78/639/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.

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62263:2005

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

Enquiry draft	Report on voting
78/634/DTR	78/639/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report 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.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62263:2005

INTRODUCTION

Le présent Rapport Technique a été préparé conformément aux exigences applicables de la CEI 61477 lorsque cela s'appliquait.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62263:2005

INTRODUCTION

This Technical Report has been prepared in accordance with the requirements of IEC 61477 where applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62263:2005

**TRAVAUX SOUS TENSION –
LIGNES DIRECTRICES POUR L'INSTALLATION ET
LA MAINTENANCE DE CÂBLES À FIBRES OPTIQUES
SUR DES LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES**

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique traite des modes opératoires pour l'installation et la maintenance de câbles à fibres optiques sur des lignes électriques aériennes. Ceci comprend:

- les câbles de garde à fibres optiques (CGFO, en anglais OPGW – Optical ground wire),
- les câbles conducteurs de phase à fibres optiques (OPPC – Optical phase conductor cable),
- les câbles à fibres optiques attachés (COA, en anglais OPAC – Optical attached cable),
- les câbles à fibres optiques autoporteurs tout diélectrique (ADSS – All-dielectric self-supporting cable).

Les câbles à fibres optiques sont envisagés pour des constructions de lignes à circuits simples et à circuits multiples communément utilisées dans certains pays.

Le présent Rapport technique a principalement trait aux précautions nécessaires pour assurer la sécurité du personnel et des équipements lors de l'installation ou de la maintenance de ces types de câbles à fibres optiques sur des lignes électriques aériennes.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

câble autoporteur tout diélectrique

ADSS

câble à fibres optiques non métallique, tout diélectrique, qui est séparé du point de vue physique et opérationnel des conducteurs électriques, qui peut généralement s'autoporter sur des portées allant jusqu'à 1 km, et disposant de caractéristiques de résistance et de résilience lui permettant de supporter les conditions climatiques les plus rigoureuses

2.2

vibration éolienne

mouvement périodique d'un conducteur produit par le vent, principalement dans un plan vertical, à une fréquence relativement élevée de l'ordre d'une dizaine de Hz ou plus, et d'amplitude relativement faible de l'ordre de grandeur du diamètre du conducteur

[VEI 466-01-17, modifiée]

2.3

palonnier de déroulage anti-torsion (voir Figure 1)

dispositif de tirage conçu pour résister au couple engendré par une modification de tension du câble CGFO empêchant ainsi sa rotation afin de maintenir la marge d'allongement de la fibre optique

2.4

chasse

balancement du câble dû au vent

**LIVE WORKING –
GUIDELINES FOR THE INSTALLATION AND MAINTENANCE
OF OPTICAL FIBRE CABLES ON OVERHEAD POWER LINES**

1 Scope

The present Technical Report covers procedures for the installation and maintenance of optical fibre cables on overhead power lines. This includes:

- optical ground wire (OPGW) fibre cable;
- optical phase conductor (OPPC) fibre cable;
- optical attached fibre cable (OPAC);
- all dielectric self supporting (ADSS) optical fibre cable.

Optical fibre cables are considered for single and multi-circuit constructions in common use within some countries.

The primary concern is the necessary precautions to ensure the safety of personnel and equipment when installing or maintaining these types of optical fibre cable on overhead power lines.

2 Terms and definitions

For the purposes of this document the following terms and definitions apply.

2.1

all dielectric self supporting cable

ADSS

non-metallic all dielectric optical fibre cable which is physically and operationally separate from the power conductors and which can generally support itself over spans approaching 1 km, with the strength and resilience to withstand the most severe climates

2.2

aeolian vibration

periodic motion of a conductor induced by the wind predominantly in a vertical plane, of relatively high frequency of the order of ten or more Hz and small amplitude, of the order of the conductor diameter

[IEV 466-01-17, modified]

2.3

anti-twist running board (see Figure 1)

anti-twist headboard

pulling device designed to resist the torque generated by a change in tension of the OPGW cable thus preventing rotation in order to maintain optical fibre strain margin

2.4

blow-out

cable swing caused by the wind

2.5

conducteur

conducteur de phase

2.6

galop des conducteurs

mouvement périodique d'un conducteur ou d'un faisceau de conducteurs, se produisant principalement dans un plan vertical, à fréquence basse de l'ordre d'une fraction de Hz et avec une grande amplitude de l'ordre de la flèche initiale

[VEI 466-01-19]

2.7

déroulage par poulies berceaux (voir Figures 2, 3, 4)

système constitué de poulies de déroulage à berceaux, d'une corde entretoise, d'une câblette de tirage (câble de tirage), d'un bloc-freins et d'un tracteur motorisé radiocommandé, qui utilise le câble de garde existant comme support pendant l'installation d'un nouveau câble à fibres optiques

2.8

hors tension

à un potentiel égal ou peu différent de celui de la terre du lieu de travail

[VEI 651-01-15, modifiée]

2.9

câble de garde

conducteur mis à la terre à certains ou à tous les supports, disposé généralement, mais non nécessairement au-dessus des conducteurs de phase pour assurer une certaine protection contre les coups de foudre

[VEI 466-10-25]

2.10

sous tension

à un potentiel significativement différent de celui de la terre du lieu de travail et présentant un danger électrique

NOTE Une partie est sous tension lorsqu'elle est raccordée électriquement à une source d'énergie électrique. Elle peut aussi être sous tension lorsqu'elle est chargée électriquement, en particulier sous l'influence d'un champ électrique ou magnétique.

[VEI 651-01-14]

2.11

courant de défaut

courant circulant en un point donné d'un réseau résultant d'un défaut en un autre point de ce réseau

NOTE Un courant de défaut circulant vers la terre peut être appelé courant de défaut à la terre.

2.12

régime de défaut assigné

combinaison d'un courant de défaut et d'une durée que le câble CGFO peut tolérer sans dépasser une température maximale spécifiée

NOTE Cette caractéristique est généralement spécifiée par l'intégrale d'action, i^2t , où i est le courant de défaut maximal exprimé en ampères et t est la durée en secondes.

2.5 conductor
phase conductor

2.6 conductor galloping

periodic motion of a conductor, or bundle, predominantly in a vertical plane of low frequency of the order of a fraction of one Hz and high amplitude, whose maximum value can be of the same order as the original sag

[IEV 466-01-19]

2.7 cradle block stringing (see Figures 2, 3, 4)

system of cradle stringing blocks, spacer rope, pulling rope, a brake unit, and a radio controlled motorized tug, which use the existing earthwire as support when installing the new optical fibre cable

2.8 de-energized
dead

at a potential equal to or not significantly different from that of the earth at the worksite

[IEV 651-01-15, modified]

2.9 earthwire

ground wire, shield wire, skywire, static wire
conductor connected to earth at some or all supports, which is suspended usually but not necessarily above the line conductors to provide a degree of protection against lightning strokes

[IEV 466-10-25, modified]

2.10 energized
alive, current-carrying, hot, live

at a potential significantly different from that of the earth at the worksite and which presents an electrical hazard

NOTE A part is energized when it is electrically connected to a source of electric energy. It can also be energized when it is electrically charged under the influence of an electric or magnetic field.

[IEV 651-01-14, modified]

2.11 fault current

current flowing at a given point of a network resulting from a fault at another point of this network

NOTE A fault current flowing to earth may be called an earth fault current.

2.12 fault-rating

combination of fault current and duration that the OPGW cable can accept without exceeding a specified maximum temperature

NOTE This is usually specified by the action integral, i^2t , where i is the maximum fault current in amperes and t is the duration in seconds.

2.13

courant induit

courant circulant suite à une tension induite

NOTE Un courant induit indésirable sur une surface isolante est un courant de fuite.

2.14

câble optique attaché

COA (en anglais OPAC)

câble de garde à fibres optiques enroulé (CGOE, en anglais GWWOP)

câble à fibres optiques non métallique conçu pour être enroulé ou lacé sur le câble de garde ou le conducteur de phase existant

NOTE Une des trois méthodes de fixation suivantes est utilisée:

- par enroulement: tout diélectrique (enroulement). En utilisant une machine spéciale, un câble à fibres optiques non métallique souple de construction légère peut être enroulé en spirale autour du câble de garde ou du conducteur de phase.
- lacé: câbles non métalliques installés longitudinalement par rapport au câble de garde, au conducteur de phase ou sur une ligne à suspension caténaire séparée (sur une ligne de poteaux) et qui sont maintenus en place au moyen d'un filin de frettage ou d'un cordon adhésif.
- attaché avec un dispositif préformé: similaire aux câbles lacés avec comme différence que la méthode de fixation utilise des brides de fixation spéciales en spirale préformées.

2.15

câble conducteur de phase à fibres optiques

OPPC

câble toronné métallique comportant des fibres optiques et remplissant une double fonction de conducteur de phase avec des capacités de télécommunication

2.16

câble de garde à fibres optiques

CGFO (en anglais OPGW)

câble toronné métallique comportant des fibres optiques et remplissant une double fonction de câble de garde classique avec des capacités de télécommunication

2.17

rélectromètre optique dans le domaine temporel

OTDR

instrument utilisé pour mesurer et localiser des pertes ponctuelles et dispersées sur la longueur d'une fibre optique

2.18

canton de tirage

tir de déroulage

section de ligne sur laquelle le câble à fibres optiques est installé

2.19

réglage

opération consistant à tirer le câble à fibres optiques jusqu'à sa flèche finale, si celle-ci est applicable

2.20

extrémité étanche

ensemble par lequel passent des fibres optiques assurant une isolation et une capacité de tenue en tension suffisantes pour maintenir l'intégrité du système

2.13**induced current**

current flowing as a result of induced voltage

NOTE An unwanted induced current along an insulating surface is a leakage current.

2.14**optical attached cable****OPAC**

ground wire wrapped optical (GWWOP) cable

non-metallic optical fibre cable designed to be wrapped or lashed onto the existing earthwire or phase conductor

NOTE One of the following three attachment methods is used:

- wrapped: all dielectric (wrap); using special machinery, a lightweight flexible non-metallic optical fibre cable can be wrapped helically around either the earthwire or the phase conductor;
- lashed: non-metallic cables that are installed longitudinally alongside the earthwire, the phase conductor or on a separate catenary (on a pole route) and are held in position with a binder or adhesive cord;
- preform attached: similar to the lashed cables except that the method of attachment involves the use of special preformed spiral attachment clips.

2.15**optical phase conductor cable****OPPC**

stranded metallic cable incorporating optical fibres which has the dual performance function of a phase conductor with telecommunication capabilities

2.16**optical ground wire cable****OPGW**

stranded metallic cable incorporating optical fibres which has the dual performance function of a conventional earthwire with telecommunication capabilities

2.17**optical time domain reflectometer****OTDR**

instrument which is used to measure and locate point and distributed losses along the length of an optical fibre

2.18**pull section**

pull setting, stringing section

section of line where the optical fibre cable is being pulled into place

2.19**sagging**

process of pulling the optical fibre cable up to its final sag where applicable

2.20**sealing end**

assembly through which optical fibres pass providing sufficient insulation and voltage withstand capacity to maintain system integrity

2.21**déroulage**

opération consistant à tirer des câblettes pilotes, des câblettes de tirage, des câbles à fibres optiques, le câble de garde et des conducteurs sur les poulies de déroulage accrochées aux supports des lignes aériennes

2.22**amortisseur de vibration**

dispositif fixé à un conducteur ou à un câble de garde et destiné à réduire ou supprimer les vibrations dues au vent

[VIEI 466-11-16]

3 Compréhension du danger – Théorie de base

La protection du personnel contre les blessures pendant les opérations d'installation ou de maintenance des câbles à fibres optiques sur les lignes aériennes est très importante. Sur le lieu de travail, le personnel doit être protégé contre les tensions et les courants induits produits par les lignes voisines sous tension. La protection du personnel peut être obtenue en plaçant des dispositifs de mise à la terre adéquats sur le lieu de travail, en utilisant des méthodes de travail correctes et une formation spécialisée, et en utilisant un équipement comportant des dispositifs protégeant contre ces types de risques.

Des charges électriques ou des tensions peuvent apparaître sur un câble à fibres optiques en cours d'installation ou sur un autre équipement et d'autres composants tels que les cordes utilisées pour le déroulage du câble, du fait d'un ou de plusieurs des facteurs suivants:

- a) induction électromagnétique (c'est-à-dire couplage capacitif et/ou inductif) provenant de lignes voisines sous tension ou lors de croisements avec des lignes sous tension;
- b) contact accidentel du câble à fibres optiques ou des cordes en cours d'installation, avec une ligne voisine existante sous tension;
- c) chargement électrostatique (c'est-à-dire couplage conducteur) du câble à fibres optiques ou des cordes dû à des conditions atmosphériques ou à une ligne de transport à haute tension en courant continu (CCHT) voisine;
- d) coups de foudre dans le voisinage ou un coup de foudre sur le câble en cours d'installation ou sur un autre équipement et d'autres composants tels que les câblettes, utilisés pour l'opération de déroulage.

Les risques dus aux coups de foudre, au contact accidentel avec un conducteur sous tension et aux erreurs de manœuvre, sont généralement compris. Cependant, les risques dus aux tensions et courants induits sont probablement moins faciles à comprendre et sont donc expliqués ici en détail. Il est important de noter que la différence fondamentale entre le risque dû à l'induction et les autres causes citées ci-dessus repose sur le fait que l'induction est continue tant que la ligne qui en est la source est sous tension, tandis que le coup de foudre ou le courant de défaut sont instantanés ou transitoires.

NOTE Dans les exemples suivants, l'induction est présentée comme se produisant sur un câble à fibres optiques; cependant, le même résultat et risque se produiront pour d'autres composants utilisés lors de l'opération de déroulage, tels que les câblettes de tirage ou pilotes conducteurs (métalliques) ou les câbles de garde.

3.1 Induction de champ électrique provenant de circuits voisins

Il existe deux types communs de problèmes d'induction provoqués par des lignes à courant alternatif sous tension situées à proximité: champ électrique et champ magnétique. Chacun a à la fois des implications de tension et de courant.

3.1.1 Tension induite

Le champ électrique autour d'un conducteur sous tension produit une tension sur un objet conducteur proche isolé et non mis à la terre (voir Figure 5).

2.21**stringing**

process of pulling pilot ropes, pulling ropes, optical fibre cables, earthwire and conductors over stringing blocks supported on structures of overhead lines

2.22**vibration damper**

device attached to a conductor or an earthwire in order to suppress or minimize vibrations due to wind

[IEV 466-11-16]

3 Understanding the hazard – Basic theory

The protection of personnel from injury during the process of installing, or during maintenance of optical fibre cables on overhead lines is most important. The personnel at the work site shall be protected against induced voltages and currents caused by energized adjacent lines. Personnel protection can be achieved by properly applying adequate protective earthing systems at the work area, by the use of correct work methods and specialized training, and by the use of equipment, which incorporates devices to protect against these types of hazards.

Electrical charges or voltage may appear on an optical fibre cable being installed, or on the other equipment and components such as the ropes involved in the cable stringing process, due to one or more of the following factors:

- a) electromagnetic induction (i.e., capacitive and/or inductive coupling) from adjacent energized lines, or when crossing energized lines;
- b) accidental contact of the optical fibre cable or ropes being installed, with an existing adjacent energized line;
- c) electrostatic charging (i.e., conductive coupling) of the optical fibre cable or ropes by atmospheric conditions or by an adjacent high voltage direct current (HVDC) transmission line;
- d) lightning strikes in the vicinity, or a lightning strike to the cable being installed or other equipment and components such as the ropes involved in the stringing process.

The hazards caused by lightning strikes, accidental contact with a live conductor, and switching errors are generally understood. However, the hazards caused by induced voltages and currents are probably less understood and are therefore explained in some detail here. It is important to note that the basic difference between the hazard caused by induction, and the other sources given above is that the induction is continuous as long as the source line is energized, rather than instantaneous or transient in the case of lightning or a fault current.

NOTE In the following examples, induction is shown as occurring on an optical fibre cable; however, the same result and hazard will occur for other components used in the stringing process such as conducting (metallic) pulling or pilot ropes, or earthwires.

3.1 Electric field induction from nearby circuits

There are two common types of induction problems caused by nearby energized a.c. lines: electric field and magnetic field. Each has both voltage and current implications.

3.1.1 Induced voltage

The electric field around an energized conductor produces a voltage on an isolated and unearthinged conducting object nearby (see Figure 5).

La tension produite dépend de l'amplitude de la tension de source et de la géométrie du réseau mais non de la longueur de la parallèle entre la ligne sous tension et le nouveau câble à fibres optiques en cours d'installation.

Si le circuit n'est pas mis à la terre, la tension induite peut être de l'ordre de 30 % de la tension de la ligne en service. La tension induite peut être calculée mais il n'est généralement pas nécessaire de le faire. Si le nouveau câble à fibres optiques en cours d'installation est mis à la terre en un point quelconque, la charge est réduite à une valeur beaucoup plus faible en régime établi, selon la résistance du circuit de terre.

NOTE Si la ligne voisine est une ligne de transport à courant continu sous tension, il en résultera un chargement électrostatique dû à une dérive ionique qui peut même donner lieu à des tensions plus élevées que si la ligne voisine était une ligne à courant alternatif.

3.1.2 Courant induit

Lorsqu'il s'agit d'un réseau à courant alternatif, les lignes sous tension et le conducteur en cours d'installation mis à la terre agissent comme les plaques d'un condensateur ou d'une capacité, et un courant de charge apparaît et circule à travers l'intervalle d'air compris entre celles-ci (voir Figure 6).

Il convient de tenir compte des deux aspects qui suivent.

- a) Un courant circule à travers la mise à la terre temporaire depuis le câble à fibres optiques jusqu'au sol. Il est proportionnel à la longueur de la parallèle entre le conducteur sous tension et le câble en cours d'installation. Ce courant peut atteindre plusieurs ampères.
- b) Si la terre temporaire devient défective, est déplacée ou déposée, la tension capacitive est immédiatement rétablie. Par conséquent, si un ouvrier se trouve en contact ferme avec le système et que la terre unique devient défective, l'ouvrier peut être exposé à une tension et un courant dangereux. Si l'ouvrier essaie de se mettre en contact avec le câble à fibres optiques ou les parties connectées, il recevra un courant de décharge dangereux suivi d'un courant en régime établi. L'ouvrier doit donc éviter de venir à proximité immédiate du câble à fibres optiques ou des parties connectées car la tension induite peut être suffisamment élevée pour provoquer un amorçage. De plus, il convient de noter que le courant capacitif en régime établi se produisant après le contact peut atteindre un niveau dangereux.

3.2 Induction de champ magnétique provenant de circuits voisins

3.2.1 Courant induit

En plus du champ électrique provoqué par la tension de la ligne sous tension adjacente, un autre effet est causé par le courant circulant dans la ligne sous tension.

Le conducteur sous tension transportant du courant et le câble à fibres optiques voisin en cours d'installation peuvent être considérés comme les enroulements primaire et secondaire d'un transformateur à noyau d'air.

Si le câble à fibres optiques est mis à la terre en deux endroits, il se comporte comme le secondaire d'un transformateur à noyau d'air, court-circuité par l'intermédiaire du sol. Un courant de circulation s'écoulera le long du câble, par une mise à la terre, reviendra par la terre et remontera par l'autre mise à la terre pour compléter la boucle (Voir la Figure 7a). Ce courant induit est proportionnel au courant de la ligne sous tension et dépend également de la géométrie et de l'impédance de la boucle.

Si une série de mises à la terre est appliquée, une série de boucles est formée, chacune transportant du courant (voir Figure 7b).

Il apparaît que les courants peuvent s'annuler dans les mises à la terre intermédiaires.

The voltage produced depends on the source voltage magnitude and the geometry of the system but not on the length of the parallel between the energized line and the new optical fibre cable being installed.

If the circuit is unearthing, the induced voltage may be as much as 30 % of the energized line voltage. This induced voltage can be calculated, but it is generally not necessary to do so. If the new optical fibre cable being installed is earthed at any point, the charge is reduced to a much lower steady state value, depending on the resistance to earth of the earth path.

NOTE If the nearby line is an energized d.c. transmission line, electrostatic charging will result from ion drift and can produce even higher voltages than if the nearby line was an a.c. line.

3.1.2 Induced current

With an a.c. system, the energized lines and the earthed conductor being installed act like the plates of a condenser or capacitor, and a charging current flows across the air gap between them (see Figure 6).

The two following aspects should be considered.

- a) A current flows through the temporary earth connection between the optical fibre cable and earth. It is proportional to the length of parallel between the energized conductor and the cable being installed. This current may amount to several amperes.
- b) If the temporary earth connection becomes defective, is dislodged, or removed, the capacitive voltage is immediately re-established. Thus, if a worker is in fairly solid contact with the system and the only earth connection is dislodged, the worker can be exposed to a dangerous voltage and current. If the worker attempts to contact the optical fibre cable or connected parts, he will receive a dangerous discharge current, followed by a steady-state current. Thus, the worker shall avoid coming in close proximity to the optical fibre cable or connected parts since the induced voltage may be high enough to cause arc-over. Also, it should be noted that the steady-state capacitive current occurring after the contact may reach a dangerous level.

3.2 Magnetic field induction from nearby circuits

3.2.1 Induced current

In addition to the electric field caused by the voltage of the adjacent energized line, another effect is caused by the current flowing in the energized line.

The energized, current-carrying conductor and the nearby optical fibre cable being installed may be looked upon as the primary and secondary windings of an air-core transformer.

If the optical fibre cable is earthed at two places, it acts like the secondary of an air-core transformer, short-circuited through the earth. A circulating current will flow along the cable, through one earth connection, back through the earth and up the other earth connection to complete the loop (see Figure 7a). This induced current is proportional to the current in the energized line and is dependent on the geometry and impedance of the loop.

If a series of earth connections are applied, a series of loops are formed, each carrying current (see Figure 7b).

It would appear that the currents would cancel in the intermediate earth connections.

S'il existe une grande différence dans l'impédance des mises à la terre dans les boucles adjacentes, par exemple un lac dans le retour à la terre de l'une d'elles, et un rocher dans l'autre, la mise à la terre intermédiaire peut alors transporter la presque totalité du courant de circulation.

S'il existe des transpositions dans le circuit sous tension, l'angle de phase du courant induit sera différent le long de la ligne et peut également créer des courants de circulation élevés dans le système de mise à la terre.

Lorsque le travail est effectué au voisinage d'une ligne sous tension fortement chargée, ou si un défaut se produit sur la ligne sous tension adjacente, le courant induit dans le câble à fibres optiques en cours d'installation peut être très élevé et peut affecter le choix des dispositifs de mise à la terre.

NOTE Si la ligne voisine est une ligne de transport à courant continu sous tension, l'induction magnétique serait uniquement liée à l'effet ondulatoire et par conséquent serait beaucoup plus faible que si la ligne voisine était une ligne à courant alternatif.

3.2.2 Tension induite

En poursuivant l'analogie du transformateur à noyau d'air, si le câble à fibres optiques en cours d'installation est mis à la terre en un point seulement, par exemple par la dépose (le retrait) de l'avant-dernière terre temporaire, il apparaît sur le câble une tension secondaire à circuit ouvert par rapport à la terre. Cette tension est essentiellement nulle à l'emplacement de la terre restante et augmente proportionnellement à la longueur de la parallèle (voir Figure 8a).

Au moment de la dépose (du retrait) de l'avant-dernière terre, le courant de circulation induit est interrompu et une tension apparaît aux bornes de l'intervalle. Cette tension peut devenir dangereusement élevée, dans le cas d'une longue parallèle entre la ligne sous tension et le câble à fibres optiques en cours d'installation. Il se peut qu'elle doive être limitée par une technique de mise à la terre séquentielle, par laquelle le câble à fibres optiques est subdivisé par des mises à la terre intermédiaires. Les sections sont alors suffisamment courtes pour limiter la tension à circuit ouvert puisque les mises à la terre sont déposées de façon séquentielle (voir Figure 8b).

4 Considérations d'ordre général

Le présent article traite des éléments communs à des lignes à circuits multiples ayant au moins un circuit sous tension et à des lignes à circuit simple sous tension.

NOTE Une grande partie des travaux d'installation de câbles à fibres optiques, y compris les exigences en matière de sécurité et de méthodes de travail, sont très similaires à ceux qui sont utilisés pour installer des nouveaux conducteurs de phase ou des câbles de garde conventionnels dans un environnement où la possibilité d'induction ou de contact électrique existe. Voir la CEI 61328.

Nous mettons l'accent, dans le présent rapport technique, sur les exigences supplémentaires spécialisées telles qu'elles s'appliquent à l'installation et à la maintenance de câbles à fibres optiques.

Une ligne à circuits multiples type telle qu'utilisée dans certains pays, comporte plusieurs circuits dans une structure unique, les phases de chaque circuit étant disposées verticalement, les circuits étant déplacés horizontalement et le câble de garde étant positionné au centre, entre les circuits. Au moins un circuit est supposé être sous tension à un moment donné. L'installation de câbles à fibres optiques peut être réalisée avec plusieurs circuits ou un seul circuit sous tension, en fonction des distances électriques de sécurité qui peuvent être maintenues entre d'une part les conducteurs de phase sous tension et d'autre part le personnel et les outils de construction utilisés pour installer le câble à fibres optiques. Il devient cependant de plus en plus difficile de s'assurer du maintien des distances de sécurité au fur et à mesure que les tensions des systèmes diminuent et que les distances se réduisent. Une ligne simple sous tension peut convenir pour l'installation d'un câble à fibres optiques COA, ADSS ou CGFO, mais il convient de tenir compte de la configuration des conducteurs de phase avant d'établir de façon finale la faisabilité d'une application.

If there is a great difference in impedances of the earth connections in adjacent loops, for example a lake in the earth return of one, and rock in the other, the intermediate earth connection can carry almost the full circulating current.

If there are transpositions in the energized circuit, the phase angle of the induced current will be different along the line and can also create large circulating currents in the earthing system.

When work is being done in the vicinity of a heavily loaded energized line, or a fault occurs on the adjacent energized line, the current induced in the optical fibre cable being installed can be very large and can affect the choice of earthing assemblies.

NOTE If the nearby line is an energized d.c. transmission line, magnetic induction would only be related to the ripple effect and is therefore much less than would be the case if the nearby line was an a.c. line.

3.2.2 Induced voltage

Continuing the analogy of an air-core transformer, if the optical fibre cable being installed becomes earthed at one point only, for example by the removal of the last but one temporary earth connection, an open circuit secondary voltage to earth appears on the cable. This voltage is essentially zero at the location of the remaining earth, and increases in proportion to the length of the parallel (Figure 8a).

At the moment of removing the last but one earth connection, the circulating induced current is broken and a voltage appears across the gap. This voltage can become dangerously high, in the case of a long parallel between the energized line and the optical fibre cable being installed. It may have to be limited by a technique of sequential earthing, in which the optical fibre cable is subdivided by intermediate earth connections. The sections are then short enough to limit the open circuit voltage because the earth connections are sequentially removed (Figure 8b).

4 General considerations

This covers considerations which are common to multi-circuit lines with at least one circuit live, and live single-circuit lines.

NOTE A large proportion of optical fibre cable installation work, including safety and work method requirements, is very similar to that which is used to install new phase conductors or conventional earthwires in an environment where induction or electrical contact is possible. See IEC 61328.

The present Technical Report points out the specialized additional requirements as they apply to the installation and maintenance of optical fibre cables.

A typical multi-circuit line used in some countries comprises multiple circuits on one structure with phases of each circuit arranged vertically, the circuits displaced horizontally and the earthwire positioned centrally between the circuits. At least one circuit is assumed to be energized at any one time. Installation of optical fibre cables can be achieved with multiple circuits or one circuit live, depending on electrical safety clearances which can be maintained between energized phase conductors and the personnel and construction tools used to install the optical fibre cable. However, it becomes progressively more difficult to ensure that safety clearances are maintained as system voltages fall and clearances reduce. An energized single-circuit line may be suitable for the installation of OPAC, ADSS or OPGW optical fibre cable, but the configuration of the phase conductors should be taken into account before the feasibility of an application is finally established.

4.1 Considérations techniques

4.1.1 Généralités

Il est préférable d'utiliser des raccords hélicoïdaux munis d'une couche de renfort pour une protection optique et mécanique maximale du câble optique. Ceci assurera une répartition uniforme des charges mécaniques et une protection des câbles contre l'écrasement qui risque d'affecter les performances optiques.

Il convient que les gaines d'épissures soient résistantes aux dommages et dans toute la mesure du possible placées hors d'atteinte du public.

Pendant l'ensemble des opérations d'installation, il convient de respecter les rayons de courbure minimaux tels que spécifiés par le fabricant du câble à fibres optiques afin de préserver l'intégrité des fibres optiques. Cette exigence conditionnera le choix des diamètres minimaux des freineuses, poulies de déroulage, dispositifs de réglage/tirage et pinces à utiliser.

Il est possible que le fabricant du câble à fibres optiques exige que les poulies de déroulage disposent d'un réa recouvert d'élastomère. Dans un tel cas, une mise à la terre de la poulie de déroulage sera nécessaire pour assurer le circuit de terre requis.

Pour garantir une fiabilité maximale et éviter d'endommager les câbles, il est important de s'assurer que tous les raccords choisis soient compatibles avec le système de câble optique sélectionné.

Il convient que le câble à fibres optiques soit installé en douceur, sans modification brusque de la vitesse ou de la tension de déroulage. Il convient de se conformer à la vitesse maximale de déroulage recommandée par le fabricant du câble. A cet égard, une vitesse de 40 m/min est une valeur prudente si le fabricant du câble n'a pas spécifié de vitesse maximale de déroulage.

Il convient de mesurer au niveau de la freineuse la tension exercée sur le câble à fibres optiques pendant le déroulage. Il convient que cette tension ne dépasse pas les recommandations de tension maximale données par le fabricant, qui sont en général de 15 % de la charge de rupture du câble. Les spécifications de certaines entreprises de service exigent qu'un appareil enregistreur à bande soit intégré à la freineuse de manière à disposer d'une impression ou d'un enregistrement électronique de la tension réelle exercée sur le câble.

Dans certains cas, afin de conserver le dégagement par rapport aux conducteurs sous tension, il peut s'avérer nécessaire d'accroître la tension de déroulage au-delà de 15 % de la charge de rupture du câble à fibres optiques CGFO. Avant le début des travaux, il convient d'obtenir du fabricant son approbation quant à cette augmentation de la tension de déroulage. Aussi, il est possible que la longueur de la chaussette augmente de sa valeur typique de 1,7 m jusqu'à 3 m, afin de s'adapter à l'augmentation de la tension de déroulage.

Il convient de laisser d'abord le câble à fibres optiques reposer après traction et avant bridage. Il convient cependant que cette période ne dépasse pas 24 h. En général, les fabricants de câble précisent une durée minimale à cet effet.

Il convient de vérifier la continuité de toutes les fibres de chaque touret de câble à fibres optiques à son arrivée sur le site de travail et avant installation sur les structures. Une fois ce contrôle terminé, il est recommandé de fermer hermétiquement les extrémités du câble pour empêcher toute pénétration d'humidité.

Il convient également de vérifier la continuité après installation du câble à fibres optiques sur la ligne de transport pour s'assurer du maintien de la continuité.

Il convient de vérifier encore une fois la continuité après réalisation d'éventuelles épissures.

4.1 Engineering considerations

4.1.1 General

Helical fittings with a reinforcing layer are preferred for maximum optical and mechanical protection of the optical cable. They will ensure that mechanical loads are evenly spread and the cables are not crushed, thereby affecting the optical performance.

Splice closures should be resistant to damage, and be located where possible, out of public reach.

Minimum bend radii, as specified by the optical fibre cable manufacturer, should be observed during all installation processes in order to preserve the integrity of the optical fibres. This will dictate the minimum diameters of tensioner bullwheels, stringing blocks, sagging/tensioning devices, and clamps which are to be used.

The optical fibre cable manufacturer may require that the stringing blocks have an elastomer lined sheave. In this case, a stringing block earth connection will be necessary to provide the required earthing path.

To ensure maximum reliability and avoid cable damage, it is important to ensure that all fittings chosen are compatible with the optical cable system selected.

The optical fibre cable should be installed smoothly with no sudden changes in stringing speed or tension. Maximum stringing speed recommended by the cable manufacturer should be followed. If the cable manufacturer does not specify a maximum stringing speed, a conservative value is 40 m/min.

The tension on the optical fibre cable during stringing should be measured at the tensioner. This tension should not exceed the manufacturer's maximum tension recommendations which are normally 15 % of the ultimate tensile strength of the cable. Some utility specifications require that a strip chart recorder be incorporated into the tensioner such that a printed or electronic record of actual tension on the cable is provided.

Under certain circumstances, to maintain clearance from energized conductors, it may be necessary to increase the stringing tension above 15% of the ultimate tensile strength of the OPGW fibre optic cable. This increase in stringing tension should be approved by the manufacturer before installation begins. Also, the length of the woven wire mesh grip may have to be increased from the typical 1,7 m up to 3,0 m to accommodate the increase in stringing tension.

The optical fibre cable should be allowed to initially settle after pulling into place and before clamping in. However, this should not exceed 24 h. Typically cable manufacturers require a minimum time for this to be done.

The continuity of all fibres for each reel of optical fibre cable should be checked when the reel arrives at the work site, and before it is installed on the structures. After completion of this test, the cable ends should be re-sealed against moisture entry.

Continuity should also be checked after the optical fibre cable has been installed on the transmission line to ensure continuity remains.

Continuity should be checked once again after any splices are made.

Il est également recommandé de vérifier la perte d'atténuation après réalisation de la section amplifiée.

4.1.2 Recommandation particulière

Il est recommandé que le système dans son ensemble puisse fonctionner dans une plage de températures spécifiées, les fibres optiques demeurant exemptes de contrainte lorsqu'elles sont soumises à des conditions de charge importantes telles que celles exercées par le vent et l'accumulation de glace.

4.2 Questions de sécurité

4.2.1 Choix des équipements corrects

Il est important, pour l'opération d'installation de câbles, de choisir des équipements ayant les capacités suffisantes pour les travaux à réaliser. Il convient ainsi d'assurer une marge de sécurité au-delà des exigences réelles des travaux.

4.2.2 Contrôle des équipements avant la réalisation du travail

Lorsqu'il s'agit d'installer de nouveaux câbles à fibres optiques au voisinage de circuits sous tension où il peut y avoir contact ou induction électrique, il est notamment important que les équipements utilisés tels que les treuils, les freineuses et les tracteurs fassent au préalable l'objet d'un contrôle approfondi par des personnes formées et compétentes afin de s'assurer de leur fonctionnement correct. Il convient en particulier de vérifier le fonctionnement correct et la capacité maximale de maintien de la charge des systèmes de freinage.

Il est recommandé que le treuil et la freineuse disposent de commandes permettant à l'opérateur de régler le tir maximal ou la force maximale de traction à ne pas dépasser. Ceci permettra d'éviter les surcharges excessives du câble à fibres optiques en cours d'installation.

Il convient d'examiner les câblettes de tirage afin de détecter toute détérioration éventuelle qui risquerait de réduire gravement leur résistance. Il est recommandé de soumettre, au moins une fois par an, un échantillon des câblettes synthétiques utilisées comme câblettes de tirage ou pilotes, à des essais de charge de rupture. Il est recommandé de remplacer les câblettes de moindre résistance ou endommagées.

Lorsque des câblettes synthétiques sont utilisées comme câblettes de tirage ou comme câblettes pilotes, il convient de ne pas les considérer comme isolantes. Elles peuvent, à l'origine, présenter une résistance électrique élevée, mais l'expérience a montré qu'en cas d'utilisation prolongée la surface du câble synthétique devient suffisamment souillée pour devenir conductrice, particulièrement en présence d'eau ou dans des conditions humides.

Il est également important de choisir une câblette de tirage ayant un faible coefficient d'élasticité ou d'allongement sous charge. Il est recommandé que la câblette soit adaptée à la masse linéique du câble à fibres optiques ou qu'elle soit même plus légère de sorte que la câblette ne fléchisse pas plus que le câble à fibres optiques et maintienne ainsi la distance d'isolement électrique requise.

Lorsqu'un câble de garde existant doit être remplacé par un câble à fibres optiques, il est fréquent que le câble de garde existant soit utilisé comme câblette de tirage du nouveau câble à fibres optiques. Cette procédure peut nécessiter des précautions supplémentaires car la résistance mécanique du câble de garde existant, et en particulier des manchons comprimés, peut être très douteuse. Il est fortement recommandé d'examiner au préalable le câble de garde existant afin d'établir les éventuelles amores de rupture ou autre détérioration du câble de garde. Il convient de ne pas utiliser le câble de garde comme câblette de tirage si de tels dommages significatifs sont observés.

It is also recommended that the cable be checked for attenuation loss when the repeater section has been completed.

4.1.2 Specific

The completed system should be capable of working within a specified temperature range with the optical fibres remaining strain-free under heavily loaded conditions, such as wind and icing.

4.2 Safety issues

4.2.1 Choosing the correct equipment

For the cable installation process it is important to choose equipment with sufficient capacity to perform the work to be done. This should ensure a margin of safety beyond the actual requirements of the work.

4.2.2 Pre-work check of equipment

When installing new optical fibre cable near existing energized circuits where electrical contact or induction may occur, it is especially important that the equipment used such as pullers, tensioners, and tugs be thoroughly checked beforehand by competent trained persons to ensure they are functioning properly. In particular, braking systems should be checked to ensure correct operation and maximum load holding capability.

The puller and the tensioner should have controls which will allow the operator to preset the maximum linepull or tension which will not be exceeded. This will prevent overstressing of the optical fibre cable as it is being installed.

Pulling ropes should be examined for possible damage that may severely reduce their strength. It is recommended that a sample of synthetic ropes used as pulling or pilot ropes be tested for ultimate strength at least once each year. Weak or damaged ropes should be replaced.

Where synthetic ropes are used as pulling or pilot ropes, they should not be considered as insulating. They may initially present a high resistance electrical path, but experience has shown that over time and with use, the surface of the synthetic rope becomes sufficiently contaminated to be conductive, particularly in wet or humid conditions.

It is also important to choose a pulling rope which has low elasticity or stretch when under load. The rope should also match the weight per metre of the optical fibre cable or be even lighter so the rope will not sag lower than the optical fibre cable thus ensuring electrical clearance is maintained.

Where an existing earthwire is to be replaced with an optical fibre cable, often the existing earthwire is used as a pulling rope to pull in the new optical fibre cable. Since the mechanical strength of the existing earthwire, and particularly the compression joints, may be very questionable, this procedure should require extra caution. It is highly recommended that the existing earthwire be examined beforehand to determine if wire breakage, or other deterioration has occurred. If such significant damage is detected, the existing earthwire should not be used as a pulling rope.

Des précautions supplémentaires sont nécessaires si le câble de garde existant est utilisé comme câblette de tirage. Passer de vieux manchons ou épissures de câbles de garde sur les réas d'un treuil à double roue ou à gorges multiples peut entraîner des défaillances inattendues des manchons. Cette défaillance apparaît en général lorsque les manchons ont été pliés puis redressés plusieurs fois au fur et à mesure de leur passage d'une gorge à l'autre des réas. Le câble de garde existant et le câble à fibres optiques peuvent chuter, causant ainsi des dommages au câble ou aux structures de la ligne et pouvant entraîner un contact électrique dangereux.

Une procédure mieux adaptée consiste à enlever le manchon lorsqu'il arrive en face du treuil et à installer une chaussette à chaque extrémité du câble de garde sectionné. Cette chaussette est passée à travers les réas du treuil, et peut être enlevée avant que le câble de garde ne soit enroulé dans l'enrouleuse. Ce problème peut également être éliminé sans couper le manchon, en utilisant un treuil muni de réas à simple gorge en V.

Il convient de vérifier les mises à la terre roulantes, les câbles de mise à la terre, les étaux de terre ainsi que les terres des poulies de déroulage pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement et qu'ils ne présentent aucune pièce rompue ou endommagée qui risquerait de nuire à la faible résistance requise du circuit de mise à la terre.

4.2.3 Réunion préalable

Lorsque le câble à fibres optiques à installer est susceptible de se trouver sous tension par induction, ou lorsque les travaux se déroulent à proximité de conducteurs sous tension, il est particulièrement important que tous les membres de l'équipe de travail soient informés des risques potentiels. Immédiatement avant le début des travaux, il convient que les procédures de travail et leurs tâches leur soient clairement expliquées. Il convient qu'ils soient informés de la nécessité d'utiliser les systèmes de mise à la terre et les liaisons équipotentielles décrits dans le présent rapport technique et dans la CEI 61328, et de la façon de les installer et de les utiliser correctement.

Si des modifications interviennent dans la nature des travaux ou dans le personnel des équipes, les procédures de travail et les tâches doivent de nouveau être expliquées à l'ensemble du personnel concerné.

Avant le début des travaux, il convient que le responsable du projet visite l'ensemble du chantier, depuis le site de tirage jusqu'au site de freinage. Ceci permet de s'assurer que tous les points de contact potentiels avec des équipements ou des conducteurs sous tension sont protégés de façon adéquate vis-à-vis du câble à fibres optiques à installer, par une garde suffisante, des protecteurs isolants, ou des portiques de protection et des filets.

4.2.4 Personnel qualifié

Une utilisation sûre et correcte des équipements spéciaux utilisés pour le déroulage de câbles à fibres optiques implique que le personnel soit spécialement formé au préalable. Ceci est particulièrement important lorsque le personnel travaille sur des projets où les exigences maximales de mise à la terre sont nécessaires du fait de la possibilité que les câbles à fibres optiques ou l'équipement soient mis sous tension.

4.2.5 Communications

La capacité des opérateurs, du personnel de surveillance et des observateurs aux points critiques du canton de tirage (tels que le croisement avec d'autres lignes sous tension) à communiquer clairement et rapidement entre eux est extrêmement importante lorsqu'on installe des câbles à fibres optiques.

If the existing earthwire is used as a pulling rope, **extra caution is needed**. The passing of old earthwire joints or splices around the bullwheels of a double bullwheel or multi-groove puller, can cause sudden failure of the joints. This failure normally occurs when the joints are bent and then straightened a number of times as they pass from groove to groove on the bullwheels. The existing earthwire and the optical fibre cable may drop, causing damage to the cable or the line structures, and may cause dangerous electrical contact.

A preferred procedure is to cut out the compression joint when it arrives in front of the puller, and to fit a woven wire grip on both ends of the severed earthwire. This grip is passed through the puller bullwheels, and can be removed before the earthwire is wound on the reel winder. Also this problem can be eliminated without cutting out the compression joint by the use of a single V-groove bullwheel puller.

Running earths, earth cables, earth clamps, and stringing block earths should be checked to ensure they are operating correctly and have no broken or damaged parts that would negatively affect the desired low resistance earth path.

4.2.3 Pre-work conference

It is especially important where the possibility of the optical fibre cable being installed can become energized through induction, or when working near existing energized conductors, that all members of the work crew understand the hazards involved. They should have the work procedures and their duties clearly explained immediately before work begins. They should be aware of the necessity of using the earthing and bonding systems described herein, and in IEC 61328, and they should know how to install and use these earthing and bonding systems properly.

If the scope of the job changes, or if job personnel changes, work procedures and duties shall be explained once again to all personnel affected.

Before work begins, the project supervisor should travel the work site from puller site to tensioner site. This is done to ensure that all potential contact points with existing energized equipment or conductors are adequately protected from contact with the optical fibre cable being installed by clearance, by insulating covers or by rider poles and nets.

4.2.4 Trained operators

The specialized equipment used in the stringing of optical fibre cable requires that operators be given special training beforehand in its safe and proper use. This is particularly important when they will be working on projects where maximum earthing procedures are required, due to the possibility of the cable or equipment becoming energized.

4.2.5 Communications

The ability of the equipment operators, supervisory personnel and observers at critical points in the pull section (such as at energized line crossings) to communicate clearly and quickly with one another is extremely important when installing optical fibre cables.

Chacune de ces personnes doit posséder un système de radio avec une fréquence libre de tout signal et interférence extérieurs et placé à l'endroit d'intervention. Il convient que cette fréquence de communication soit utilisée par l'opérateur du treuil, l'opérateur de la freineuse, le ou les surveillants et, si nécessaire, par la personne qui suit le palonnier de déroulage anti-torsion lors de son déplacement d'un pylône à l'autre, et par les personnes situées aux points de vérification intermédiaires.

La défaillance de l'une quelconque des radios du système doit provoquer l'arrêt immédiat du tirage.

Le système de radio ou de télécommunication utilisé par les opérateurs du treuil et de la freineuse doit consister en un appareil portable avec écouteurs et microphone, mais sans liaison conductrice entre l'opérateur et la machine. Une telle connexion pourrait constituer un circuit électrique dangereux à l'opérateur en cas de contact électrique pendant le déroulage, et si l'opérateur quittait la zone équipotentielle avec son équipement radio sur lui.

Pour s'assurer qu'il n'y a aucun problème non détecté dû à un blocage de la machine ou un coincement des câblettes, il est recommandé de placer des observateurs à intervalles réguliers sur le canton de façon à avoir une visibilité permanente des travaux à réaliser.

4.2.6 Autres exigences de sécurité

Le dégagement minimal de sécurité tel que spécifié dans les règles de sécurité localement applicables doit être maintenu à tout moment. Cette distance présente souvent une importance particulière au niveau des pylônes d'angle ou d'extrémité.

Pendant toute l'opération d'installation, si le rayon de pliage minimal de la fibre optique peut être maintenu, il convient d'acheminer les câblettes et les câbles au niveau des extrémités du canton de tirage où se trouve le treuil et la freineuse en passant par le corps du pylône depuis la tête du pylône jusqu'à la freineuse ou le treuil au sol. Les équipements doivent être montés au niveau du centre du pylône ou sur une face perpendiculaire au câble de garde ou encore par hélicoptère, notamment lorsque les deux circuits d'un pylône à double circuit sont sous tension. A proximité de tout circuit sous tension, la maîtrise des câblettes et des équipements est d'une importance primordiale. Lorsqu'un circuit peut être mis hors tension sur un pylône à double circuit, toute tâche est limitée au côté hors tension de tous les pylônes.

Tous les pylônes, composants et équipements doivent être protégés contre les surcharges mécaniques par des méthodes de travail adaptées. Il est recommandé que la méthode de travail prévoie, en cas de défaillance mécanique d'un composant, les dispositifs de retenue nécessaires permettant d'empêcher le câble à fibres optiques de se déplacer vers un circuit sous tension.

Des procédures d'urgence doivent être mises en place en cas d'événements imprévus qui entraîneraient une violation des distances de sécurité minimales ou une mise en danger du personnel de toute autre manière.

Il convient que les travaux ne se poursuivent que si les conditions météorologiques le permettent. Le vent, l'humidité, les orages avec éclairs et la visibilité sont à cet égard des points importants dont il faut tenir compte.

Pendant des périodes d'interruption des travaux, il convient d'assujettir fermement et de manière sûre la section de câble à fibres optiques.

These personnel shall each have a radio system with a channel that is free from outside signal and noise interference, and is located at their operating position. Included in this communication channel should be the puller operator, the tensioner operator, the supervisor(s) and, if applicable, the person following the anti-twist running board as it moves from tower to tower, and persons at intermediate check points.

Failure of any radio in the system shall be cause for immediate stoppage of the pulling operation.

The radio or telecommunication system used by the puller operator and the tensioner operator shall be a portable set with earphones and microphone, but with no conductive wire connection between the operator and the machine. Such a connection could create a dangerous electrical path to the operator if electrical contact is made during stringing and if the operator were to leave the bonded area with his radio still attached to his person.

To ensure that there are no undetected problems due to machinery becoming jammed or ropes snagged, it is recommended that observers are placed at regular intervals along the section so that they have a continuous view of the work being conducted.

4.2.6 Other safety requirements

The minimum safety clearance as specified in the applicable local safety rules shall be maintained at all times. This is often most critical at angle/terminal towers.

Throughout the installation process, if the minimum optical fibre bending radius can be maintained, ropes and cables at the puller and tensioner ends of the pull section should be routed through the body of the tower from the tower peak to the tensioner or puller at ground level. Equipment shall be hauled up the centre of the tower, or on a face perpendicular to the earthwire, or by helicopter, particularly when both circuits of a double circuit tower are live. Control of ropes and equipment is critical in the vicinity of any live circuit. Where one circuit can be de-energized on a double circuit tower, all work is restricted to the de-energized side of all towers.

All towers, components and equipment shall be protected from mechanical overloading by appropriate methods of working. The method of working should ensure that, in the case of a mechanical failure of a component, the necessary restraint is provided to prevent the optical fibre cable moving towards a live circuit.

Emergency procedures shall be in place in case of unforeseen events which could result in minimum safety clearance being infringed or personnel being endangered in any other way.

Work should proceed only if weather conditions permit. Wind, humidity, lightning storms, and visibility are all important considerations in this regard.

During interruption of the work period, the optical fibre cable section should be secured in a safe and appropriate manner.

Il est recommandé d'utiliser des câblettes étanches et gainées pour travailler à proximité de circuits sous tension, afin d'éviter les courants induits dans les câblettes humides qui pourraient entraîner des brûlures au fur et à mesure qu'elles sèchent. Lorsque des câblettes de tirage ou des câblettes pilotes en matériau synthétique sont utilisées, il est recommandé de ne pas les considérer comme étant isolantes. Elles peuvent, à l'origine, présenter une résistance électrique élevée, mais l'expérience a montré qu'en cas d'utilisation prolongée la surface des câblettes synthétiques devient suffisamment souillée pour devenir conductrice, particulièrement en présence d'eau ou dans des conditions humides.

Lorsque l'installation du câble à fibres optiques a lieu à proximité d'une ligne transportant une charge électrique élevée ou d'un circuit sous tension adjacent, il convient de tenir compte des niveaux élevés de tension et de courant induits qui peuvent apparaître dans le câble à fibres optiques en prévoyant des liaisons appropriées de mise à la terre et de mise au potentiel.

Dans le cas de lignes à simple circuit ou à circuits multiples, les travaux peuvent être effectués sur des systèmes de câbles COA et ADSS si une distance d'isolement de sécurité suffisante peut être réalisée par rapport au circuit sous tension. Les travaux peuvent être effectués sur les systèmes de câbles CGFO alors que le(s) circuit(s) est(sont) sous tension, si des distances d'isolement suffisantes sont assurées.

Pour les lignes à simple circuit et à circuits multiples qui ne sont pas sous tension, tous les types de câble à fibres optiques peuvent être installés et entretenus comme s'il s'agissait de conditions de travail hors tension, en fonction du positionnement du(des) câble(s) de garde, mais l'induction due aux lignes sous tension adjacentes ou aux lignes sous tension qui croisent le circuit d'un câble à fibres optiques demeure un point important dont il faut éventuellement tenir compte.

Les travaux sur des lignes sous tension doivent être effectués après ouverture du réenclencheur automatique temporisé (DAR) et il convient d'y fixer une étiquette indiquant qu'il est en fait ouvert.

Il convient de n'entreprendre des travaux sur des lignes ayant un ou plusieurs circuits sous tension que lorsqu'il n'est pas possible de mettre tous les circuits hors tension pendant toute la durée nécessaire à l'exécution des travaux. Il convient que le responsable de la gestion du réseau confirme ce fait par écrit et indique la disponibilité et les conditions de mise à profit des éventuelles interruptions de circuits du réseau pendant des périodes plus courtes.

4.3 Mise à la terre

Le degré de protection par mise à la terre exigé pour un projet donné d'installation de câbles à fibres optiques dépend de l'exposition aux risques électriques qui existent dans la zone particulière de travail sur le projet.

Lors de l'installation d'un nouveau câble à fibres optiques dans une zone éloignée des lignes sous tension ou lorsque les lignes adjacentes sur le même pylône sont hors tension et qu'il n'y a pas d'activité orageuse, les exigences **minimales** de mise à la terre doivent être au moins appliquées. Celles-ci englobent la mise au potentiel et la mise à la terre de tout l'équipement mobilisé sur les sites de tirage et de freinage. De plus, il convient d'installer des terres roulantes sur toutes les câblettes de tirage métalliques, sur le câble à fibres optiques et sur le câble de garde existant (s'il doit être utilisé comme câblette de tirage), à l'avant de l'équipement de tirage et de freinage. Lorsque les exigences **minimales** de mise à la terre sont utilisées, il convient de noter qu'il n'y a aucune protection des travailleurs vis-à-vis des tensions de pas et de contact.

It is recommended that water-blocked and sheathed ropes are used when working near live circuits in order to avoid induced currents in wet ropes which can cause burning as they dry out. Where synthetic ropes are used as pulling or pilot ropes, they should not be considered as insulating. They may initially present a high resistance electrical path, but experience has shown that over time and with use, the surface of the synthetic rope becomes sufficiently contaminated to be conductive, particularly in wet or humid conditions.

When working on the installation of optical fibre cable which is close to a line carrying high electrical loads, or to an adjacent live circuit, care should be taken to accommodate by means of earthing and bonding the high induced currents and voltage which can occur in the optical fibre cable.

In the case of live single- or multi-circuit lines, work can be undertaken on OPAC and ADSS systems if sufficient electrical safety clearance to the live circuit is obtained. Work can be undertaken on OPGW systems with the circuit or circuits live if sufficient electrical clearances are achieved.

For single-circuit and multi-circuit lines which are de-energized, all types of optical fibre cable may be installed and maintained as they would be for dead circuit conditions depending on the positioning of the earthwire(s), but induction from adjacent live lines or live lines crossing the optical fibre circuit may still be an important consideration.

Work on live lines shall be conducted with the delayed auto recloser (DAR) switched out, and it should be tagged with a note to indicate that the DAR is in fact switched out.

Work on lines which have either one or more circuits energized should only be undertaken where it is unreasonable for all circuits to be de-energized, for the time period essential for carrying out the work. The system network management control should confirm that fact in writing, giving reasons if any network circuit outages would be available for a shorter period and under what conditions.

4.3 Earthing

The degree of earthing protection required for a given optical fibre cable installation project depends upon the exposure to electrical hazards which exist within the particular work area on the project.

When new optical fibre cable is installed in an area remote from energized lines, or when adjacent lines on the same tower are de-energized, and with no thunderstorm activity present, the **minimum** earthing requirements, at least, shall be used. These minimum requirements include bonding and earthing of all equipment involved at pull and tension sites. In addition, running earths should be installed on all metallic pulling ropes, on the optical fibre cable, and on the existing earthwire (if it is to be used as a pulling rope), in front of the pulling and tensioning equipment. When **minimum** earthing requirements are used, it should be noted that protection of workers from step and touch potential does not exist.

Par contre, pour un projet dans une zone congestionnée exposée à de nombreuses lignes sous tension en parallèle ou lorsque des travaux sont effectués à proximité de lignes sous tension existantes sur le même pylône, ou encore si le projet implique le croisement de lignes sous tension existantes et qu'il existe une forte probabilité d'activité orageuse et de conditions météorologiques défavorables, les exigences **maximales** de mise à la terre doivent être appliquées.

Ces exigences maximales de mise à la terre englobent la mise au potentiel et la mise à la terre de l'équipement, l'utilisation de terres roulantes, de mailles de terre sur les lieux de travail et de terres de poulies de déroulage pour chaque poulie de déroulage. Ces terres et ces mailles doivent être dimensionnées et conçues pour un courant de défaut en cas de possibilité d'un contact direct avec une ligne sous tension.

Les dimensions des étaux de terre, du câble de terre ou des piquets de terre ne sont pas présentées en détail, mais des lignes directrices sont données dans l'Annexe A.

En plus de s'assurer de l'état ouvert et désactivé des sectionneurs appropriés sur la ligne où le nouveau câble à fibres optiques est en installation, des mises à la terre et d'autres mesures de protection doivent être employées afin d'assurer une protection raisonnable et adaptée à tout le personnel. La meilleure précaution de sécurité consiste à considérer tout l'équipement incluant le câble à fibres optiques comme s'il pouvait être mis sous tension à tout instant. Le niveau de protection fourni pour un projet spécifique doit être une décision du directeur de projet, soumise seulement aux réglementations applicables à ce sujet et basée sur une compréhension claire des risques potentiels.

Lorsque les travaux ont lieu dans des zones habitées où le public peut accéder par inadvertance au lieu de travail, il est nécessaire de prendre des mesures supplémentaires pour isoler le chantier, comme la présence de surveillants de sécurité, et de balises. Les chantiers doivent être entourés de grillages et de dispositifs avertisseurs placés de façon visible pour informer le public du danger.

Lorsqu'un treuil, une freineuse et autres équipements associés sont nécessaires pour l'installation du câble à fibres optiques, il convient d'aménager une zone clôturée de mise au potentiel ou une maille de terre (tel que décrit dans la CEI 61328) pour assurer la protection électrique du personnel utilisant les équipements.

Il convient d'utiliser une terre roulante à proximité de la freineuse et du treuil afin d'assurer la protection nécessaire contre les effets des tensions induites dans le câble de garde ou dans le câble à fibres optiques pendant la procédure d'installation (voir la CEI 61328).

Il est recommandé de vérifier l'intégrité de la mise à la terre commune entre la tête du pylône et le câble de garde avant d'entreprendre les travaux.

Lorsque des piquets de terre sont utilisés, leur résistance doit être contrôlée électriquement (au mégohmmètre) pour s'assurer qu'elle est inférieure à 25Ω .

NOTE Il est important de vérifier que la protection de toute ligne sous tension susceptible d'entrer en contact avec le câble à fibres optiques en cours d'installation est conçue pour couper le courant de défaut si l'impédance du piquet de terre atteint 25Ω .

Si on ne peut obtenir une résistance du piquet de terre inférieure à 25Ω , on doit utiliser une maille de terre (voir CEI 61328) sur le lieu de travail si ce dernier est au niveau du sol, ou un système de terre équivalent s'il s'agit de travaux en hauteur.

Afin de s'assurer que les différents piquets de terre sur chaque lieu de travail sont au même potentiel, ils doivent être interconnectés à l'aide d'étaux et de câbles de terre pleinement dimensionnés.

In contrast to the above, for a project located in a congested area involving exposure to numerous energized parallel lines, or when working adjacent to existing energized lines on the same tower, or if the project calls for the crossing of existing energized lines, and if there is a high probability of thunderstorm activity and adverse weather conditions, then **maximum** earthing requirements shall be used.

Such maximum earthing requirements include bonding and earthing of equipment, the use of running earths, earth mats at work sites, and stringing block earths on each stringing block. These earths and mats shall be sized and designed for a fault current where direct contact with an energized line is possible.

Sizing of the individual earth clamps, earth cable, or earth rods are not detailed here, but some general guidelines can be found in Annex A.

In addition to making sure the appropriate switches on the line where the new optical fibre cable is being installed are open and disabled, earthing and other protective measures shall be employed to ensure adequate and reasonable protection to all personnel. The best safety precaution is to consider all equipment, and the optical fibre cable, as if it could become energized at any time. The degree of protection provided for a specific project shall be a decision made by the project supervisor, subject only to the applicable regulations in force for that situation, and based on a clear understanding of the potential hazards.

When working in populated areas where onlookers could inadvertently wander into work site areas, additional measures for isolating the work site, such as safety observers and warning signs, are required. Work sites shall be surrounded with fence and warning signs prominently posted to alert onlookers to the danger.

Where a puller, tensioner and other associated equipment are required for the optical fibre cable installation, a fenced equipotential zone or earth mat should be created (as detailed in IEC 61328) to provide electrical protection to the personnel operating the equipment.

A running earth should be used adjacent to both the tensioner and the puller to guard against the effects of induced voltages in the earthwire or cable, during the installation process (see IEC 61328).

It is recommended that the integrity of the earth bonding between the tower peak and the earthwire be verified before commencing work.

Where earth rods are used, the resistance of the earth rods shall be electrically tested (meggered) to ensure the resistance of the earth rod is less than $25\ \Omega$.

NOTE It is important to check that the protection on any energized line which could contact the optical fibre cable being installed is designed to clear the fault current if the impedance of the earth rod is as high as $25\ \Omega$.

If an earth rod resistance of less than $25\ \Omega$ cannot be obtained, an earth mat at the work site (see IEC 61328) shall be used if the work site is at ground level, or an equipotential earthing system used in elevated work sites.

In order to ensure that the different earth rods at each work site have the same potential, they shall be bonded together with full sized earth clamps and earth cables.

Lors de l'installation des piquets de terre, il convient de faire attention à éviter tous les réseaux souterrains de service public, tels les circuits électriques sous tension, les conduites de gaz, les égouts et les conduites d'eau potable, les câbles de communication, etc. Une vérification auprès des services utilisateurs du sous-sol du voisinage peut s'avérer nécessaire avant la pose des piquets de terre.

5 Câble de garde à fibres optiques (CGFO)

Du fait de la protection mécanique assurée aux fibres de communication par les brins extérieurs du câble de garde, le câble CGFO est reconnu comme étant le plus sûr des quatre choix disponibles (voir l'Article 1). Ce système peut être installé sur de nouvelles lignes ainsi que sur des lignes existantes en cours de rénovation.

5.1 Considérations techniques

Il existe deux méthodes d'installation de câbles de garde à fibres optiques CGFO:

- la méthode conventionnelle sous tension mécanique,
- la méthode de déroulage par poulies berceaux.

5.1.1 Méthode de déroulage conventionnelle

La méthode conventionnelle d'installation des câbles CGFO, c'est-à-dire par déroulage sous tension mécanique continue, est généralement considérée comme la méthode préférentielle s'il est possible d'obtenir les distances d'isolement requises. Elle nécessite moins d'équipements et l'installation peut être réalisée plus vite.

La méthode de déroulage conventionnelle sous tension mécanique exigera l'utilisation d'un palonnier de déroulage anti-torsion (voir la Figure 1) pour un câble CGFO à une seule couche et peut nécessiter ce même type de palonnier de déroulage pour un câble CGFO à deux couches afin d'empêcher le vrillage du câble en cours d'installation. Ce palonnier de déroulage évite que les fibres optiques ne soient soumises à des contraintes en cours d'installation, ce qui est une caractéristique fondamentale de la conception de ces câbles. Il convient que ce palonnier de déroulage soit relié au câble CGFO par une fixation solide de façon à ce qu'il n'y ait pas de rotation relative entre le câble CGFO et le palonnier de déroulage. Si une chaussette est utilisée à l'extrémité avant du câble CGFO pour le relier au palonnier de déroulage, il convient de s'assurer qu'elle est suffisamment résistante pour supporter la force de torsion potentielle exercée à partir du câble CGFO au fur et à mesure qu'il est tiré. Il convient que ce palonnier de déroulage dispose d'un émerillon approprié à l'extrémité avant pour la connexion à la câblette de tirage. Cet émerillon ne permettra pas que les éventuelles torsions de la câblette de tirage soient transférées au câble CGFO. Il convient que ce palonnier de déroulage anti-torsion soit conçu de façon à ce qu'il passe avec un minimum d'effort par les poulies de déroulage, notamment celles qui se trouvent sur les supports d'angle de la ligne. En général, le palonnier de déroulage dispose de deux queues lestées pour compenser la tendance à la torsion du câble CGFO. Dans certains cas, lorsqu'il s'agit d'installer un câble CGFO de diamètre important, il s'est avéré nécessaire d'ajouter une troisième queue pour pleinement contrecarrer la torsion du câble CGFO.

Au moment de planifier l'installation d'un câble CGFO, il convient de tenir compte de la différence de fléchissement entre le câble CGFO et les conducteurs, afin d'éviter les éventuels contacts électriques, notamment lorsque le câble CGFO et les conducteurs fonctionnent à des températures différentes.

L'utilisation du diamètre correct de réas de poulie de déroulage et de cabestan de freineuse est d'une importance primordiale pour la protection du câble CGFO.

When installing earth rods, caution should be taken to avoid all underground utilities such as existing energized underground electric lines, gas, sewer, and water pipes, communications cables, etc. A check of underground utility services in the area may be needed before earth rods are installed.

5 Optical ground wire (OPGW) cable

OPGW is acknowledged as the most secure of the four alternatives (see Clause 1), due to the mechanical protection being afforded to the communication fibres by the outer strands of the ground wire. This system can be installed on new lines and on existing lines during refurbishment.

5.1 Engineering considerations

There are two methods used to install OPGW optical fibre cables:

- the conventional tension method,
- the cradle block stringing method.

5.1.1 Conventional stringing method

The conventional method of OPGW installation, i.e. continuous tension stringing, is generally considered the preferable method if the required electrical clearances can be achieved. It requires less equipment and installation can be achieved faster.

The conventional tension stringing method will require the use of an anti-twist running board (see Figure 1) for a single layer OPGW, and may require an anti-twisting running board for two layer OPGW, to keep the OPGW from rotating during installation. This running board keeps the optical fibres strain-free during installation which is a fundamental feature of the cable design. This running board should have a fixed/solid connection to the OPGW so no relative rotation between the OPGW and the running board takes place. If a woven wire mesh grip is used at the front end of the OPGW to connect it to the running board, care should be taken to ensure this grip has sufficient capability to withstand the potential twisting force imparted from the OPGW as it is being pulled. This running board should have an appropriate swivel at the front end for connection to the pulling rope. This swivel will not allow any twist which occurs in the pulling rope to be transferred to the OPGW. This anti-twist running board should be designed such that it passes through the stringing blocks with minimum effort, especially those on line angle support structures. The running board normally has two weighted tails to offset the twisting tendency of the OPGW. In some cases, where a larger diameter of OPGW is being installed, it has been found necessary to add a third tail to completely offset the OPGW twist.

During the planning of an OPGW installation, to avoid possible electrical contact, consideration should be given to the differential sag between the OPGW and the conductors, particularly when the OPGW and conductors are operating at different temperatures.

Using the correct stringing block sheave and tensioner bullwheel diameter is important to protect the OPGW cable.

Si le fabricant du câble n'a pas fourni les recommandations spécifiques aux réas de la poulie de déroulage, une valeur prudente de diamètre du réa est de 40 fois le diamètre du câble CGFO.

Si le fabricant du câble n'a pas fourni un diamètre spécifique pour le cabestan de la freineuse, une valeur prudente de diamètre du cabestan est de 70 fois le diamètre du câble CGFO.

5.1.2 Méthode de déroulage par poules berceaux

Le déroulage par poules berceaux est en général utilisé dans des applications pour lesquelles les distances d'isolement électrique requises ne peuvent être obtenues par les méthodes de déroulage conventionnelles.

Les méthodes d'installation par poules berceaux exigent qu'un tracteur motorisé radiocommandé puisse se déplacer sans aucune restriction le long du câble de garde existant. Avant de commencer l'installation, il convient de vérifier le câble de garde pour s'assurer qu'il n'est pas endommagé et qu'il ne présente pas de fils détachés ou détériorés. S'il s'avère que le câble de garde est endommagé, il convient de le réparer avant de commencer l'installation ou d'envisager de ne pas l'utiliser comme élément support des poules berceaux.

En fonction du projet considéré, deux méthodes de déroulage par poules berceaux sont utilisées.

- Lorsqu'un nouveau câble CGFO remplace le câble de garde existant et doit être installé sur un certain nombre de portées, le système de poules berceaux à portées multiples est en général utilisé.
- Lorsqu'un câble CGFO existant doit être remplacé sur une seule portée, parce que celle-ci est endommagée, le système de poules berceaux à portée unique est en général utilisé.

5.1.2.1 Système de poules berceaux à portées multiples

Les forces requises pour le tirage et le maintien du fléchissement du nouveau câble CGFO sur plusieurs portées – jusqu'à 5 km, exigent l'utilisation d'un tracteur motorisé de plus grande dimension, d'un treuil et d'une freineuse pendant l'installation du nouveau câble CGFO. Les tensions mécaniques mises en œuvre au cours du processus d'installation avec déroulage par poules berceaux sont cependant faibles comparativement à l'installation normale de conducteur de phase et il est exigé une maîtrise précise du processus. Les treuils et freineuses utilisés pour le déroulage sous tension mécanique de conducteurs de phase ne fourniront pas en général le réglage fin exigé à de faibles niveaux de tension mécanique ce qui pourrait donc nécessiter des équipements spécialement conçus donnant à de faibles tensions mécaniques une excellente maîtrise de la force et de la vitesse de tirage. Les exigences générales applicables aux treuils et freineuses sont décrites dans la CEI 61328.

Les tensions mécaniques plus faibles utilisées pour le tirage du câble de garde et du câble CGFO lors des opérations de déroulage par poules berceaux réduisent la probabilité de défaillance de la câblette de tirage, des connecteurs et du câble de garde. Cependant, étant donné que le ou les circuits de la ligne faisant l'objet d'une intervention sont sous tension et que les passages routiers et ferroviaires ne sont pas habituellement échafaudés, toute défaillance du câble de garde existant, du câble CGFO ou du système de tirage ou de freinage pourrait potentiellement avoir des conséquences graves. Il convient d'utiliser des connexions hautement intègres entre la câblette de tirage et le câble de garde existant ou pour se raccorder au câble CGFO.

Etant donné qu'il est difficile de déterminer l'état de la câblette de tirage, il convient que la charge nominale de rupture de la câblette de tirage soit au moins égale à 10 fois la force de tirage prévue lorsque la méthode de déroulage par poules berceaux est utilisée. Il convient de vérifier régulièrement la câblette de tirage.

If the specific stringing block sheave recommendations are not available from the cable manufacturer, a conservative sheave diameter is 40 times the diameter of the OPGW.

If a specific tensioner bullwheel diameter is not available from the cable manufacturer, a conservative bullwheel diameter is 70 times the diameter of the OPGW.

5.1.2 Cradle block stringing method

Cradle block stringing is generally used for those applications where the required electrical clearance for conventional stringing methods cannot be achieved.

Cradle block methods of installation require unrestricted travel of a radio controlled motorised tug along the existing earthwire. Before an installation commences, the existing earthwire should be inspected to ensure that it is not damaged and that there are no loose or damaged wires. If any damage to the earthwire is found, it should be repaired before the installation commences, or consideration should be given to not using it as a support member for the cradle blocks.

There are two cradle block stringing methods used, depending on the project being worked on.

- Where new OPGW is replacing existing earthwire, and is to be installed for a number of spans, the multi-span cradle block system is normally used.
- Where an existing OPGW is to be replaced in one span only due to damage, the single span cradle block system is normally used.

5.1.2.1 The multi-span cradle block system

The forces required to pull and maintain sag in the new OPGW over many spans – up to 5 km, require that a larger motorized tug, a puller and a tensioner be used during the installation of the new OPGW. Tensions used during the cradle block stringing installation process are however low compared to the normal installation of phase conductor and accurate control is required. Puller and tensioner equipment used for tension stringing of phase conductors will not generally offer the fine control required at the low levels of tension which therefore may require specifically designed equipment giving excellent low tension control of linepull and speed. General requirements for pullers and tensioners are described in IEC 61328.

The lower tensions used for pulling the earthwire and the OPGW in cradle block stringing reduce the likelihood of failure of the pulling rope, the connectors and the earthwire. However, because the circuit or circuits on the line being worked on are live and road and rail crossings are not usually scaffolded, any failure of the existing earthwire, the OPGW, or the pulling or tensioning system could potentially have serious consequences. High integrity connections should be used between the pulling rope and the existing earthwire, or to connect to the OPGW.

Since it is difficult to determine the condition of the pulling rope, the nominal breaking load of the pulling rope should be rated at least 10 times the expected pulling force when used in the cradle block method. The rope should be inspected regularly.

Le tracteur à portées multiples doit avoir la capacité de traction nécessaire pour installer la câblette de tirage et les poulies berceaux sur plusieurs portées, jusqu'à 5 km.

Dans le cadre de la procédure de déroulage par poulies berceaux, il est nécessaire de transférer le tracteur autour du sommet du pylône, d'une portée à la suivante. Pour assujettir le tracteur pendant ce transfert, il convient qu'il soit en premier lieu fixé au sommet du pylône par un filin de sécurité avant de le faire passer de la portée installée à la portée suivante.

5.1.2.2 Système de poulies berceaux à portée unique

Lorsque le nouveau câble CGFO doit être installé uniquement sur une portée, en remplacement d'un câble CGFO endommagé existant, les forces requises pour tirer les poulies berceaux et la câblette de tirage sont infimes et peuvent être obtenues au moyen d'un tracteur à portée unique alimenté par batteries.

La dépose du câble CGFO endommagé et l'installation du nouveau câble CGFO peuvent être réalisées au moyen d'un petit treuil, voire manuellement.

Il convient de noter que ce système peut être utilisé pour installer un nouveau câble CGFO en remplacement d'un câble de garde existant sur plusieurs portées mais cette opération doit être réalisée sur une portée à la fois. Cependant, cette méthode n'est pas aussi rentable que le système de poulies berceaux à portées multiples.

5.2 Procédures d'installation

5.2.1 Méthode de déroulage conventionnelle

Les techniques de déroulage sous tension mécanique, telles que décrites dans la CEI 61328, peuvent être utilisées pour installer les câbles CGFO. Il est recommandé d'utiliser des systèmes entièrement hydrauliques sur le treuil, la freineuse et les porte-tourets. S'il n'est pas possible d'obtenir un dégagement suffisant par rapport aux circuits sous tension existant sur les supports, il peut être nécessaire d'obtenir une mise hors tension des circuits.

5.2.2 Méthode de déroulage par poulies berceaux à portées multiples

Il existe des techniques qui permettent le remplacement du câble de garde existant sans mise hors tension du ou des circuits de puissance sur le support ou sur tout circuit de plus faible tension passant sous la ligne.

L'une de ces méthodes utilise le système de déroulage par poulies berceaux pour l'installation de câbles CGFO sur plusieurs portées (voir les Figures 2, 3, 9, 10 et 11). Il s'agit d'un système constitué d'un treuil, d'une freineuse, d'un enrouleur de câble de garde et d'un dérouleur de câble CGFO. Ce système comprend également des poulies de déroulage à berceaux, une corde entretoise, une câblette de tirage, un bloc-freins et un tracteur motorisé, tous ces éléments utilisant le câble de garde existant comme support pendant l'installation d'un nouveau câble à fibres optiques.

Les avantages du système à poulies berceaux sont que les interruptions de circuit ne sont pas nécessaires et qu'une continuité à la terre de faible résistance, tenant pleinement compte des courants assignés de défaut, est maintenue pendant toute l'opération. La nécessité de protéger les routes, les voies ferrées, les lignes basse tension et autres obstacles est réduite au minimum.

On mesure initialement la flèche du câble de garde existant, ce qui permet de calculer la tension mécanique de réglage de la flèche du câble CGFO et de l'adapter au câble de garde existant. Le câble de garde existant est ensuite transféré à des points d'ancrage temporaires sur le pylône, assurant ainsi le maintien de la continuité de la liaison équipotentielle de mise à la terre. Tous les équipements d'installation des poulies de câble sont montés dans le corps du support.

The multi-span tug must have the tractive capability to install the pulling rope and cradle blocks over many spans up to 5 km.

As part of the cradle block stringing procedure, it is necessary to transfer the tug around the tower peak from one span to the next. To secure the tug during transfer, the tug should be first attached to the tower peak by a safety tether, before lifting it from the installed span into the next span.

5.1.2.2 The single span cradle block system

Where the new OPGW is to be installed in one span only as a replacement for the existing damaged OPGW, the force required to pull the cradle blocks and pulling rope is quite small and can be accomplished by using a battery powered single span tug.

Removal of the damaged OPGW and installing of the new OPGW can be accomplished with a small winch, or even by hand.

It should be noted that this system can be used to install new OPGW to replace existing earthwire in more than one span, but doing so one span at a time. It is however not as cost effective as using the multi-span cradle block system.

5.2 Installation procedures

5.2.1 Conventional stringing method

Tension stringing techniques, as described in IEC 61328 can be used to install the OPGW. It is recommended that fully hydraulic systems on the puller, tensioner and reel stands be used. If sufficient clearance from existing live circuits on the structure cannot be obtained, a circuit outage may have to be obtained.

5.2.2 Multi-span cradle block stringing method

Techniques exist which allow replacement of the existing earthwire without switching out the power circuit or circuits on the structure, or on any lower voltage circuits crossing underneath.

One such scheme makes use of the cradle block stringing system for multi-span installation of OPGW (see Figures 2, 3, 9, 10 and 11). This is a system consisting of a puller, a tensioner, an earthwire take up stand, and an OPGW let off stand. This system also includes cradle stringing blocks, spacer rope, pulling rope, a brake unit, and a motorized tug, all of which use the existing earthwire as support when installing the new optical fibre cable.

The advantages of using the cradle block system are that circuit outages are not necessary, and full-fault current rated, low-resistance earth continuity is maintained throughout the operation. The need to protect roads, railways, low voltage lines and other obstructions is minimised.

Initially the sag of the existing earthwire is measured which enables the sagging tension of the OPGW to be calculated and matched to the existing earthwire. The existing earthwire is then transferred to temporary anchor points on the tower, ensuring that the continuity of earth bonding is maintained. All cable block installation equipment is raised within the body of the structure.

Dans une procédure type de déroulage par poulies berceaux à portées multiples, le tracteur motorisé (voir la Figure 9) est utilisé pour tirer deux cordes sur la portée jusqu'au pylône suivant. La première corde est utilisée comme câblette de tirage pour le câble CGFO, tandis que la seconde, une corde entretoise, est également fixée au tracteur pour pouvoir tirer les poulies berceaux le long du câble de garde existant. Le dispositif de poulies berceaux (voir la Figure 10) dispose d'une poulie à chacun de ses quatre coins et d'une porte ouvrante de chaque côté. Une des poulies supérieures du dispositif poulies berceaux circule le long du câble de garde existant tandis que la poulie inférieure supporte la câblette de tirage.

Les poulies berceaux sont agrafées sur la corde entretoise à des intervalles d'environ 10 m au fur et à mesure que le tracteur motorisé avance sur la portée. L'espacement exact est établi en s'assurant que, si les poulies berceaux se déplacent l'une vers l'autre du fait d'une perte de contrôle de la corde entretoise pendant l'installation, les boucles constituées par les cordes restent en deçà de la distance de sécurité d'isolement exigée.

La câblette de tirage est montée en longueur continue sur le canton de tirage du câble de garde à remplacer, les poulies de déroulage étant utilisées pour la transporter d'un pylône intermédiaire à l'autre. La longueur du canton de tirage dépendra de l'itinéraire de la ligne mais il est plus pratique de manipuler des longueurs de 3 km à 5 km.

Une fois la câblette de tirage installée sur le canton de tirage, elle est utilisée pour tirer le nouveau câble CGFO, à faible tension mécanique, au moyen d'un treuil placé à l'extrémité de tirage du canton. Le câble CGFO est soumis pendant l'installation à une tension mécanique par une freineuse placée à l'extrémité freinage du canton puis sa flèche est réglée, il est agrafé à ses points d'ancrage et une liaison électrique est réalisée avec chaque pylône, de manière à maintenir la continuité de la mise à la terre. L'extrémité freinage de l'ancien câble de garde est ensuite connectée à une câblette de tirage légère et pendant que l'ancien câble de garde est tiré sur les poulies berceaux par le treuil, il est tendu par la freineuse au moyen d'une câblette de tirage légère pour assurer une contre-tension.

Au cours de l'opération finale, l'extrémité de la câblette de tirage légère est reliée à un bloc-freins (voir la Figure 11) qui est tiré le long du câble CGFO et qui fournit la contre-tension nécessaire au maintien de l'espacement des poulies berceaux. Les poulies berceaux sont récupérées du câble CGFO à chaque pylône au fur et à mesure que la câblette de tirage légère est enroulée au niveau du treuil.

5.2.3 Méthode de déroulage par poulies berceaux à portée unique

Le système de déroulage par poulies berceaux est également utilisé pour l'installation sur une portée unique de câbles CGFO afin de remplacer un câble CGFO existant endommagé (voir les Figures 4, 11, 12 et 13). Il s'agit d'un système constitué d'un tracteur radiocommandé et alimenté par batteries, utilisé sur une seule portée, d'un dérouleur à frein hydraulique pour câble CGFO, plus des poulies de déroulage à berceaux, une corde entretoise, une câblette de tirage et un bloc-freins, tous ces équipements utilisant le câble CGFO existant endommagé comme support pour l'installation du nouveau câble CGFO sur une seule portée.

La plupart des procédures d'installation sont identiques à celles décrites pour le système de poulies berceaux à portées multiples.

5.3 Questions de sécurité

Cette méthode présente des avantages considérables, accentués par l'amélioration de la sécurité qu'apporte le déroulage par poulies berceaux. Cette procédure utilise des tensions mécaniques de traction largement réduites, le câble CGFO et le câble de garde existant sont soutenus à intervalles réguliers et la continuité de la mise à la terre tient pleinement compte des courants de défaut assignés. Ainsi, le risque de contact avec des lignes sous tension et les conséquences qui en résultent sont réduits au minimum.

In a typical multi-span cradle block stringing procedure, the motorized tug unit (see Figure 9) is used to pull two ropes across the span to the next tower. The first rope is used as a pulling rope for the OPGW, while the second, a spacer rope, is also attached to the tug unit to allow cradle blocks to be pulled out along the existing earthwire. The cradle block (see Figure 10) has a pulley in each of four corners and an opening gate on each side. One of the top pulleys of the cradle block runs along the existing earthwire and the bottom pulley supports the pulling rope.

The cradle blocks are clipped onto the spacer rope at approximately 10 m intervals as the motorized tug progresses across the span. The exact spacing is determined by ensuring that, if the cradle blocks move towards each other due to a loss of control of the spacer rope during installation, the loops formed by the ropes do not infringe the electrical safety clearance required.

The pulling rope is installed as a continuous length over the pull section of earthwire to be replaced, with stringing blocks to carry it through the intermediate towers. The pull section length will depend on the line route, but lengths of 3 km to 5 km are most practical to handle.

Once the pulling rope has been installed over the pull section, it is used to pull in the new OPGW, at a low tension, using a puller located at the puller end of the section. The OPGW is tensioned during installation by a tensioner located at the tensioner end of the section, and then sagged, clipped to its anchors, and bonded electrically to every tower, thus maintaining the earth continuity. The tensioner end of the old earthwire is then connected to a light pulling rope, and while the old earthwire is being pulled through the cradle blocks by the puller, it is tensioned out by the tensioner using a light pulling rope to provide back tension.

During final operation the end of the light pulling rope is connected to a brake unit (see Figure 11) which is pulled along the OPGW and this brake unit provides back tension to maintain cradle block spacing. The cradle blocks are recovered from the OPGW at each tower as the light pulling rope is being wound up at the puller.

5.2.3 Single span cradle block stringing method

The cradle block stringing system is also used for single span installation of OPGW to replace an existing damaged OPGW (see Figures 4, 11, 12 and 13). This is a system consisting of a radio controlled single span battery powered tug, a hydraulic braked OPGW let off stand, plus cradle stringing blocks, spacer rope, pulling rope, and a brake unit, all of which use the existing damaged OPGW as support when installing the new OPGW in a single span.

Many of the installation procedures are the same as described for the multi-span cradle block system.

5.3 Safety issues

There are considerable benefits which will accrue from the improved safety of cradle block stringing. This procedure uses greatly reduced pulling tensions, the OPGW and the existing earthwire are supported at regular intervals and the earth continuity is fully fault-rated. Thus, both the risk and the consequences of live line contact are reduced.

5.4 Mise à la terre

Si elle est correctement mise en œuvre, la procédure d'installation par poulies berceaux peut assurer à tout moment une connexion de mise à la terre tenant pleinement compte des courants de défaut assignés. Pour cela, il est nécessaire de prévoir deux connexions à la terre au niveau de chaque pylône de façon à ce que le nouveau câble CGFO et l'ancien câble de garde puissent être tous deux fixés simultanément. Il est très important que le nouveau câble CGFO et le câble de garde existant soient correctement reliés à chaque pylône avant que le câble de garde existant ne soit retiré. Ceci peut nécessiter la modification ou le remplacement des raccords du câble de garde existant avant tirage du nouveau câble CGFO.

6 Câble conducteur de phase à fibres optiques (OPPC)

Le câble OPPC est un câble métallique toronné comportant des fibres optiques et spécialement conçu pour être utilisé comme conducteur de phase tout en disposant de capacités de télécommunication. Les propriétés mécaniques et électriques du câble OPPC correspondent à celles des autres conducteurs du circuit. Bien que les raccords de ce type de conducteur soient similaires à ceux utilisés avec les câbles CGFO, des dispositions phase-terre particulières sont exigées. Un ensemble isolateur est utilisé pour permettre le passage des fibres optiques de la tension de ligne au potentiel de la terre au niveau des terminaisons. Les fibres optiques sont pleinement protégées et un système d'étanchéité prévient l'entrée d'eau aux extrémités, aux endroits où les fibres optiques sont séparées du conducteur. A ce jour, l'utilisation des câbles OPPC s'est limitée dans certains pays aux tensions de distribution du fait des limites imposées par les dispositions phase-terre particulières et par conséquent ce thème n'est pas détaillé outre mesure dans le présent rapport technique.

7 Câble optique attaché (COA)

Le câble COA est un câble non métallique à fibres optiques, lacé ou attaché à un câble de garde ou à un conducteur de phase existant.

Des systèmes de câble COA (voir la Figure 14) ont été installés sur des câbles de garde existants ainsi que sur des conducteurs à des tensions plus basses qui nécessiteront des dispositions optiques phase-terre similaires à celles du câble OPPC. Les techniques permettant l'installation sur des câbles de garde sans interruption de l'alimentation électrique sont disponibles depuis un certain temps et le câble COA a été largement utilisé pour des applications à posteriori.

Le câble COA à enroulement spirale est conçu pour être enroulé en spirale autour du conducteur ou du câble de garde existant.

Le câble COA lacé est conçu pour être placé longitudinalement à côté du conducteur ou du câble de garde hôte existant et une ou plusieurs bandes sont enroulées autour de la paire ainsi constituée pour maintenir en place le câble à fibres optiques lacé.

Les câbles attachés préformés sont semblables aux câbles lacés, sauf pour ce qui concerne la méthode de fixation qui utilise des brides de fixation spéciales en spirale préformées.

7.1 Considérations techniques

En général, le laçage ou l'enroulement hélicoïdal est effectué sur des câbles de garde existants; cependant, pour des réseaux de tensions inférieures à 150 kV, il est admis d'enrouler en spirale ou de lacer les conducteurs d'un circuit hors tension. L'installation exige que le tracteur et la machine d'enroulement/laçage se déplacent sans aucune restriction le long du câble de garde ou du conducteur existant car les éventuels brins libres pourraient s'effilocher et bloquer le mouvement du tracteur ou de la machine d'enroulement/laçage (voir Figure 15). En conséquence, il est recommandé avant installation de vérifier le câble de

5.4 Earthing

The cradle block installation procedure can provide a fully fault-rated earth connection at all times, if properly implemented. In order to achieve this, it is necessary to provide two earth connections at each tower such that the new OPGW and old earthwire can both be attached simultaneously. It is very important that the new OPGW and the existing earthwire are properly bonded at each tower before the existing earthwire is removed. This may involve modifying or replacing the fittings for the existing earthwire before pulling in the new OPGW.

6 Optical phase conductor (OPPC) cable

OPPC is a stranded metallic cable incorporating optical fibres and is specifically designed to be used as a phase conductor as well as having telecommunications capabilities. The mechanical and electrical characteristics of OPPC are matched to those of the other conductors in the circuit. While the fittings for this type of conductor are similar to those used with OPGW, special phase-to-earth arrangements are required. An insulator assembly is used to allow the optical fibres to be taken from line voltage to earth potential at terminations. The optical fibres are fully protected and a sealing end system prevents water ingress at the point where the optical fibres are separated from the conductor. To date, the use of OPPC has been limited to distribution voltages within some countries, due to limitations imposed by the special phase-to-earth arrangements and therefore is not covered in greater detail in this technical report.

7 Optical attached cable (OPAC)

OPAC cable is a non-metallic fibre optic cable lashed or attached to an existing earthwire or a phase conductor.

OPAC cable systems (see Figure 14) have been installed on existing earthwires and also on conductors at lower system voltages, where similar phase to earth optical arrangements to OPPC will be needed. The techniques to allow installation on earthwires without a power system outage have been available for some time and OPAC cable has been widely selected for post-fit applications.

Helical wrap OPAC cable is designed to be helically wrapped around the existing conductor or existing earthwire.

Lashed OPAC cable is designed to be placed longitudinally beside the host existing conductor or existing earthwire, and a tape or tapes are wrapped around the pair to hold the lashed optical fibre cable in place.

Preform attached cable is similar to the lashed cables except that the method of attachment involves the use of special preformed spiral attachment clips.

7.1 Engineering considerations

Normally, helical wrapping or lashing is carried out on existing earthwires, but on system voltages below 150 kV, conductors of a de-energized circuit may be helically wrapped or lashed. The installation requires unrestricted travel of the tug and wrapping/lashing machine along the existing earthwire or conductor, since any loose strands could unravel and foul the tug or wrapping/lashing machine as they pass (see Figure 15). Therefore, prior to installation, it is recommended that the existing earthwire or conductor is inspected and any damage, such

garde ou le conducteur existant et de réparer les éventuelles détériorations telles que des brins détachés. La procédure de récupération normale ne peut pas être utilisée lorsqu'un tracteur ou une machine d'enroulement est enchevêtré dans un câble de garde ou des brins conducteurs rompus. Dans une telle situation, il convient si nécessaire de prendre des dispositions pour interrompre la ligne simple et d'utiliser une grue pour effectuer la récupération.

Il convient que la conception détaillée du tracteur et de la machine d'enroulement/laçage soit d'un niveau élevé et garantisse une liaison pérenne avec le câble de garde/conducteur, en utilisant des barrières qui se ferment entièrement autour du câble de garde/conducteur. Il convient que les pièces amovibles du tracteur et de la machine d'enroulement/laçage, telles que les contrepoids et les tourets de câble, soient fixées au corps principal de la machine au moyen de fixations disposant de goupilles de verrouillage, afin d'assurer un niveau élevé d'intégrité.

Pour garantir le maintien des dégagements de sécurité, il convient de contrôler avec soin les cordes des équipements pendant le levage afin de s'assurer qu'elles ne peuvent pas chasser dans les conducteurs. La meilleure méthode consiste à lever l'ensemble des équipements à l'intérieur du pylône si l'espace est suffisant. Une autre méthode consiste à effectuer le levage sur la face du pylône qui est perpendiculaire à la ligne. Lorsque cette méthode est utilisée, il est recommandé de maintenir les cordes et équipements sur l'axe du pylône au moyen d'élingues de contrôle.

Lorsque les machines se déplacent autour de la tête de pylône, il convient de les assujettir au pylône au moyen de filins afin d'éviter leur chute en cas de fausse manœuvre.

La réussite d'une installation utilisant la technique d'enroulement/laçage dépend dans une grande mesure de la tension mécanique d'installation du câble à fibres optiques car, si cette tension est perdue, elle ne peut pas être rétablie et il se forme des boucles lâches. Une tension mécanique appropriée est exigée pour s'assurer, quelles que soient les conditions environnementales, que le câble enroulé/lacé reste bien arrimé au câble de garde ou au conducteur existant. L'enroulement/laçage du câble autour du câble de garde ou du conducteur doit être maîtrisé et réalisé à une tension mécanique, une vitesse et un pas de câblage constants, pour éviter la formation de boucles à une étape ultérieure. Il convient que le tracteur et la machine d'enroulement/laçage soient conçus de manière à garantir, lorsqu'ils sont à l'arrêt, le maintien de la tension mécanique du câble ou du laçage pendant une longue période.

7.2 Procédures d'installation

La rentabilité des câbles COA est assurée lorsqu'ils sont installés sur un câble de garde ou un conducteur existant, considéré avoir une durée de vie disponible suffisante. Cette technique ne nécessite pas d'équipements lourds ou de véhicules, l'installation est rapide et n'exige aucune protection de mise à la terre. Les câbles COA conviennent particulièrement aux lignes existantes dont les gradients de tension induite empêchent l'installation de câbles aériens autoporteurs tels que les câbles CGFO. Les câbles COA peuvent être la seule solution viable lorsque les distances au sol ou la charge du pylône empêchent l'utilisation de câbles ADSS et qu'un terrain difficile ou un accès restreint empêche l'utilisation d'autres systèmes.

Le câble COA est installé sur un câble de garde ou un conducteur hors tension au moyen de machines adaptées et spécialement conçues à cet effet par le fournisseur du câble. Lorsque ce type de câble est installé sur le câble de garde, les circuits peuvent demeurer sous tension si les réglementations locales en matière de travail l'autorisent. De toute évidence, l'installation sur des conducteurs n'est pas réalisable pour une ligne double dont les deux circuits sont sous tension. De la même manière, il n'est pas possible d'enrouler ou de lacer des câbles COA sur un faisceau de conducteurs. Un dispositif d'installation est constitué d'une machine d'enroulement/laçage munie d'un contrepoids, tirée par un tracteur motorisé radiocommandé, ou tirée manuellement à partir du sol pour les câbles COA placés plus bas.

as loose strands, is repaired before installation commences. The normal recovery procedure cannot be used where a tug or wrapping machine is entangled with broken earthwire or conductor strands. In this situation, a single-circuit outage should be arranged if necessary and a crane used to effect the recovery.

Detailed design of the tug and wrapping/lashing machine should be to a high standard to ensure they cannot fall from the earthwire/conductor by using gates that fully close around the earthwire/conductor. Removable parts of the tug and wrapping/lashing machine, such as counter-balance weights and cable drums, should be secured to the main body of the machine using fixings with locking pins to provide a high degree of integrity.

To ensure that safety clearance is maintained, the equipment ropes should be carefully controlled during lifting to ensure that they cannot blow out into the conductors. This can be best achieved by lifting all the equipment inside the tower body if there is sufficient space. The other method of lifting is on the tower face perpendicular to the line. When using this method, control slings should be used to maintain the rope and equipment on the tower centre line.

When machinery is being moved around the tower peak, it should be tethered to the tower to prevent it from falling if mishandled.

The success of the wrapping/lashing technique is critically dependant on the installed tension of the optical fibre cable, since, once tension is lost, it cannot be restored and loose loops will form. Adequate tension is required to ensure that, under all environmental conditions, the wrapped/lashed cable remains tight to the existing earthwire or conductor. The wrapping/lashing of the cable around the earthwire or conductor is to be undertaken in a controlled manner at constant tension, speed, and lay length, to avoid loops forming at a later stage. The tug and wrapping/lashing machine design should ensure that, while it is stationary, the cable or lashing tension can be maintained for a prolonged period.

7.2 Installation procedures

OPAC cables are cost effective when they are installed onto an existing earthwire or conductor which is judged to have sufficient remaining serviceable life. No heavy equipment or vehicles are needed, installation is quick and requires no earthing protection. OPAC cables are especially suited to existing lines where induced voltage gradients prevent the installation of self-supporting aerial cables such as OPGW. OPAC cables may be the only viable solution where ground clearances or tower loading prevent the use of ADSS cables and difficult terrain or limited access may prevent the use of alternative systems.

OPAC cable is installed on an earthwire or a de-energized conductor with specially developed machinery normally provided by the cable supplier and matched to the cable to be installed. With an installation on the earthwire, the circuits can remain live, depending on local working regulations. Obviously, installation onto conductors is not feasible for a double-circuit line with both circuits energized. Nor can OPAC cables be wrapped or lashed onto bundled conductors. The installation machinery consists of a counter-balanced wrapping/lashing machine pulled by a radio-controlled motorised tug, or pulled manually from the ground for lower OPAC cables.

Des machines ont également été élaborées pour déposer les câbles enroulés et il est recommandé de les considérer comme partie intégrante du système d'enroulement.

Immédiatement avant l'installation des câbles COA, il convient de retirer les dispositifs d'avertissement tels que les balises sphériques de conducteurs (qui préviennent les aéronefs), les dispositifs de diversion de vols d'oiseaux, les amortisseurs de vibrations etc. Au point de départ désigné (appelé pylône de départ), le pylône est gréé pour porter les machines d'installation à l'emplacement approprié sur le pylône. Les premiers éléments à lever et à placer sur le câble de garde ou le conducteur existant sont les tracteurs motorisés. Le câble COA enroulé est normalement fourni sur des tourets appariés dos à dos comme une cassette, assurant ainsi une distance maximale entre épissures. Cependant, il est admis, dans certaines circonstances, d'utiliser un touret simple. Les tourets de câble sont ensuite installés sur la machine d'enroulement et l'ensemble ainsi constitué est monté sur le pylône, transféré sur le câble de garde ou le conducteur existant et accouplé aux tracteurs.

Une fois la machine d'enroulement/laçage et le tracteur positionnés sur le conducteur ou sur le câble de garde, les verrous de sécurité sont engagés pour empêcher les machines de se séparer du conducteur. Le câble à fibres optiques, conçu pour des installations de câble de garde ou de conducteur, est fixé autour du pylône et aux deux extrémités de la portée avant de commencer l'enroulement/laçage. Ceci est effectué sur chaque pylône au moyen d'une pince de câble et d'un dispositif mécanique de déviation placé autour du pylône. Des dispositifs similaires sont utilisés pour dévier les accessoires de conducteur tels que les amortisseurs de vibration. L'enroulement ou le laçage démarre alors dans un ou dans les deux sens par rapport au pylône.

A partir du pylône de départ, une portée est en général terminée avant de commencer la suivante, ce qui prévient toute interaction entre les radiocommandes de chaque tracteur. Dans certaines applications, un hélicoptère peut également être utilisé pour tirer la machine. L'utilisation d'hélicoptères pour déplacer les machines et les personnes d'un support à l'autre, accélère notablement l'installation.

Une fois une portée terminée, il est essentiel de fixer le câble optique au conducteur pour éviter les pertes de tension mécanique lors du transfert de la machine à la portée suivante. Du fait de son poids, la machine est déplacée autour du pylône au moyen d'un treuil manuel muni d'un bras.

Lorsque la machine d'enroulement/laçage atteint un point d'épissurage désigné ou un pylône terminal, le câble restant est déroulé du touret. Il est ensuite passé à travers un conduit préalablement fixé à la jambe du pylône.

7.3 Questions de sécurité

Il convient que la machine d'enroulement/laçage contrôle le câble de façon à ce que, en cas de défaillance, il ne puisse pas se former de longues boucles de câble qui risqueraient d'enfreindre les dégagements de sécurité. Ceci est notamment applicable aux machines de dépose des câbles.

Avant de commencer l'installation, il convient d'évaluer l'état du câble de garde ou du conducteur existant ainsi que des raccords et accessoires pour s'assurer qu'ils peuvent, en toute sécurité, supporter la charge du tracteur, de la machine d'enroulement/laçage ainsi que la charge utile constituée par le câble et les équipements de récupération qui seront utilisés en cas de rupture. Il convient d'appliquer des coefficients de sécurité appropriés lorsqu'il s'agit d'évaluer la charge sur le câble de garde ou le conducteur.

Machines have also been developed to remove wrapped cable and it is recommended that these be considered as an integral part of the wrapping system.

Warning devices, such as aircraft warning spheres, bird flight diverters and vibration dampers etc., should be removed immediately prior to installation of the OPAC cable. At the designated start point (known as a spinning tower) the tower is rigged to raise the installation machinery to the appropriate position on the tower. The first items to be raised and placed onto the existing earthwire or conductor are the motorised tugs. OPAC wrapped cable is normally supplied on drums, wound back to back as a cassette, which ensures maximum distance between splices. However, in some circumstances, a single drum may be used. The cable drums are then installed on the wrapping machine, the whole assembly raised up the tower, transferred onto the existing earthwire or conductor and coupled to the tugs.

When the wrapping/lashing machine and tug are positioned on the conductor or earthwire, safety locks which prevent the machines from leaving the conductor, are engaged. The optical fibre cable, which has been designed for earthwire or conductor installations, is secured around the tower and on both span ends before the wrapping/lashing installation starts. This is done at every tower by using a cable clamp and a mechanical bridging device around the tower. Similar devices are used to bridge conductor fittings such as vibration dampers. Wrapping or lashing then proceeds in either one or both directions from the tower.

From the spinning tower, one span is usually completed before starting the other which ensures that there will be no interaction between the radio control units of each tug. A helicopter can also be used to tow the machine in certain applications. The use of helicopters to move machines and people from structure to structure speeds up the installation significantly.

On completion of a span, it is essential to secure the optical cable to the conductor to prevent loss of tension during transfer of the machinery to the next span. Due to its weight, the machinery is transferred around the tower using a small jib and hand winch.

When the wrapping/lashing machine reaches a designated splice point or terminal tower, the remaining cable is unwound from the drum. The cable is then passed through a conduit which had previously been secured down the tower leg.

7.3 Safety issues

The wrapping/lashing machinery should control the cable such that, should a failure occur, long loops of cable cannot form, possibly infringing the safety clearance. This is particularly relevant to cable removal machines.

Before an installation commences, the condition of the existing earthwire or conductor and fittings should be assessed to ensure that they can safely support the load of the tug, and the wrapping/lashing machine, a full payload of cable and recovery equipment which will be used if a breakdown occurs. Adequate factors of safety should be allowed when considering the load on the earthwire or conductor.

Il convient que le processus d'homologation d'un système d'enroulement/laçage comporte une analyse complète des risques liés aux machines et aux procédures afin de s'assurer qu'il peut être utilisé en toute sécurité dans des conditions de ligne sous tension. Il convient d'établir un plan d'urgence approprié avec des procédures décrivant convenablement les mesures à prendre en cas de risque de violation des dégagements de sécurité établis en cours d'installation.

Il convient que les tracteurs motorisés soient munis d'un dispositif d'arrêt d'urgence permettant au personnel d'arrêter le tracteur en extrémité de portée en cas de perte de la commande radio.

8 Câble autoporteur tout diélectrique (ADSS)

Les câbles ADSS sont des câbles à fibres optiques non métalliques séparés des conducteurs des points de vue physique et opérationnel. Les câbles sont autoporteurs sur des portées allant jusqu'à 1 km et ont la résistance et la résilience nécessaires pour supporter les climats les plus rigoureux. Le câble ADSS dispose de nombre des atouts du câble COA auxquels s'ajoute l'avantage d'être indépendant du câble de garde et des conducteurs. Cependant, ces câbles peuvent quelquefois subir des dégradations électriques dans des environnements de tension élevée, en général sur des lignes ayant des tensions supérieures à 150 kV. A des tensions inférieures, il est même possible que des environnements hautement pollués génèrent d'autres types de problèmes.

8.1 Considérations techniques

Les câbles tout diélectrique, notamment lorsqu'ils sont installés sur des lignes ayant des tensions de phase supérieures à 110 kV, ont une prédisposition aux dégradations de la gaine. Dans certaines circonstances, cette dégradation peut être palliée par l'utilisation de produits de gainage spéciaux, de raccords spécialement conçus et en plaçant le câble en des endroits entre les phases où le potentiel spatial est au minimum. Il convient que le fournisseur/installateur de câbles, en concertation avec l'entreprise de service public concernée, évalue les contraintes de tension applicables à une ligne donnée. Il convient que le fournisseur démontre les performances de tenue du système de câble.

Il existe de nombreux modèles informatiques illustrant le niveau de tension induite par effet capacitif à la surface d'un câble ADSS. Les tracés de potentiel spatial des lignes doubles à alternance de phase présentent un point zéro à l'intersection dans le plan diagonal des deux phases inférieures de chaque circuit. Le fait de choisir le point d'appui du câble dans cette zone assurera, lorsque les deux circuits sont sous tension, une réduction, voire une éradication, des dégradations de la gaine du câble. Il existe également un point zéro similaire entre les phases des deux traverses supérieures; cependant, cette position sur le pylône n'est pas avantageuse et augmentera les moments de flexion au pylône. Toute période significative de fonctionnement en ligne simple réduira les éventuels avantages de l'annulation de phases et cette situation doit être prise en compte dans l'évaluation des risques.

Certaines dispositions de phase ne fournissent pas de point zéro. Cependant, les modèles informatiques sont capables d'indiquer le point de pose le plus avantageux pour des niveaux réduits de tension induite.

Une fois choisi le point d'appui optimal du câble, l'installation commence par la mise en place des points de fixation et des éventuelles armatures de renfort nécessaires à chacun des pylônes sur le canton. Le perçage des membrures en acier du pylône pour obtenir des points d'appui du câble doit être évité et il convient de n'utiliser cette méthode que lorsque cela est absolument nécessaire.

The approval process of a wrapping/lashing system should include a full risk analysis of the machinery and procedures to ensure that it is safe for use under live line conditions. There should be an appropriate emergency plan within the procedures which adequately describes the actions to be taken if, during installation, there is a danger of the safety clearance being infringed.

Motorised tugs should be equipped with an emergency stop facility to allow line crews to halt the tug at the span end if radio control is lost.

8 All dielectric self supporting (ADSS) cable

ADSS cables are non-metallic optical fibre cables which are physically and operationally separate from the conductors. The cables are self-supporting on spans up to 1 km and have the strength and resilience to withstand the most severe climates. ADSS cable has many of the advantages of OPAC cable with the added benefit of being independent of the earthwire and the conductors. However, there is concern that electrical degradation may sometimes occur on these cables in higher voltage environments, typically on lines with a system voltage above 150 kV. Heavily polluted environments can create further problems below this system voltage.

8.1 Engineering considerations

All dielectric cables, particularly when installed on lines with phase voltages greater than 110 kV, are prone to sheath degradation. In some circumstances, degradation may be mitigated by the use of special sheathing compounds, specially designed fittings and by placing the cable between the phases where the space potential is a minimum. The cable supplier/installer, together with the utility, should assess the voltage stress applicable to the particular line. The supplier should provide evidence of the withstand performance of the cable system.

There are a variety of computer models which illustrate the level of capacitively induced voltage on the surface of an ADSS cable. Space potential plots of double-circuit lines with alternate phasing show a null point at the diagonal intersection of the bottom two phases from each circuit. Selecting a cable support point in this region will ensure that, when both circuits are live, degradation of the cable sheath will be minimised or eradicated. There is also a similar null point between the phases of the top two cross arms, however this position on the tower is not advantageous and will give rise to increased bending moments on the tower. Any significant periods of single-circuit working will reduce any phase cancelling benefits, and so this situation must be considered in the risk assessment.

Certain phase arrangements do not provide a null point. However, the computer models are able to indicate the most advantageous landing point for reduced induced voltage levels.

When the optimum cable support point has been chosen, installation begins with the fitting of the attachment points and any necessary reinforcing steelwork to each of the towers along the section. The drilling of steel tower members to provide a cable support point is to be avoided and this should only be carried out when absolutely necessary.

Il convient que la conception du treuil et de la freineuse permette un réglage fin de manière à toujours assurer le maintien de la force de traction dans une marge raisonnable. Il convient que le treuil et la freineuse disposent de systèmes de sécurité et de composants critiques redondants pour s'assurer que la câblette et le câble ADSS ne subissent jamais de traction excessive et que la tension soit maintenue même en cas de défaillance d'une machine, évitant ainsi que le câble ADSS ne fouette les circuits sous tension.

Il convient que l'attache de la câblette de tirage au câble ADSS soit réalisée par l'intermédiaire d'une connexion à émerillon de haute résistance. Il convient que l'attache de traction soit fixée à l'élément de renfort du câble ADSS. Si l'attache de traction doit être fixée à l'élément de renfort au moyen d'un adhésif, il est préférable d'effectuer cette opération en usine. Le câble est alors fourni avec l'attache de traction en place.

Le poids du câble ADSS par rapport au conducteur est un facteur significatif pour la détermination des conditions de collision avec des circuits sous tension. Le câble ADSS est en général beaucoup plus léger et aura tendance à chasser plus que le conducteur. Il est possible de calculer la chasse du câble ADSS dans des conditions de vent latéral. Cependant, cette situation est plus complexe pour des conditions de vent longitudinal. Le vent soufflant sur l'itinéraire de la ligne aura tendance à déplacer la flèche du câble vers le pylône qui se trouve sous le vent et cet effet sera plus important pour des câbles ADSS plus légers et sur de longues portées. Si le câble ADSS est au-dessus ou au même niveau qu'un conducteur, cet effet rend difficile le calcul des distances de sécurité et les mesures anti-collision. Lorsqu'il existe un dégagement suffisant par rapport au sol, une autre solution possible consiste à fixer le câble ADSS sous le conducteur le plus bas. Le câble ADSS a un rapport résistance/poids relativement élevé et par conséquent la flèche est très faible et permet de maintenir le dégagement à mi-portée.

Il existe divers modèles informatiques permettant d'obtenir les performances de flèche et de mouvements relatifs des différents câbles dans diverses conditions climatiques.

8.2 Procédures d'installation

Il est primordial en cours d'installation de préserver l'intégrité de la gaine du câble. Il convient que les câbles tout diélectrique soient installés en utilisant la méthode de déroulage sous tension (voir la CEI 61328) qui assure un maintien du câble à une hauteur suffisamment élevée entre les supports pour qu'il ne soit pas accroché ou érodé au sol. La câblette de tirage est levée sous contrôle de façon à ce qu'elle ne puisse pas toucher la phase avant qu'elle ne soit entièrement tendue. Il convient de maintenir une tension mécanique appropriée en toute circonstance pour que la câblette de tirage et le câble soient tirés d'un pylône à l'autre tout en les maintenant éloignés des conducteurs et autres dangers sur l'itinéraire.

La maîtrise de la câblette de tirage et de la câblette pilote est essentielle au fur et à mesure qu'elles sont élevées et tendues. Traditionnellement, cette opération était réalisée par des opérateurs placés à mi-portée et utilisant une corde de contrôle pour contenir la chasse jusqu'à ce que la force de traction requise ait été établie. L'opérateur glisse ensuite la corde de contrôle le long du câble ADSS vers le pylône et la corde est retirée. Une méthode plus fiable de contrôle de la câblette de tirage consiste à utiliser des poids de tensionnement aux extrémités des portées. Le cas échéant, il est recommandé d'assurer une protection au niveau du sol, au-dessus d'obstacles tels que les lignes à basse tension, les routes et les voies ferrées.

L'utilisation du diamètre correct de réas de poulie de déroulage et de cabestan de freineuse est d'une importance primordiale pour la protection du câble ADSS.

Si le fabricant du câble n'a pas fourni les recommandations spécifiques aux réas de la poulie de déroulage, une valeur prudente de diamètre du réa est de 30 fois le diamètre du câble ADSS.

The design of the puller and the tensioner should allow fine control to ensure that the pulling force is always maintained within a reasonable margin. The puller and the tensioner should incorporate safety systems and redundancy in critical components to ensure that the rope and ADSS cable are never over-pulled and that tension is maintained if there is a failure of the machinery, thus preventing the ADSS cable clashing with live circuits.

The attachment of the pulling rope to the ADSS cable should be via a high integrity connection and a swivel. The pulling attachment should be secured to the strength member of the ADSS cable. If the pulling attachment is to be fixed to the strength member with an adhesive, this is best carried out under factory conditions. The cable is then supplied with the pulling attachment fitted.

A significant factor in determining clashing conditions is the weight of the ADSS cable relative to the conductor. The ADSS cable is usually much lighter and will tend to blow out further than the conductor. For lateral wind conditions, the blow-out for the ADSS cable can be calculated. However, the situation is more complex for longitudinal wind conditions. Wind along the line route will tend to shift the cable sag towards the leeward tower and this effect will be greater for lighter ADSS cables on long spans. If the ADSS cable is above, or level with a conductor, this effect makes it difficult to calculate the clearances and ensure that clashing is avoided. Where sufficient ground clearance exists, a possible solution is to attach the ADSS cable below the lowest conductor. ADSS cable has a relatively high strength to weight ratio, therefore the sag is very small, which helps to maintain the mid-span clearance.

Various computer models exist to show the sag performance and relative movements of different cables under a range of climatic conditions.

8.2 Installation procedures

A prime concern during installation should be to preserve the integrity of the cable sheath. All dielectric cables should be installed using the tension stringing method (see IEC 61328), thus ensuring that the cable is held high enough between structures so it is not snagged or abraded along the ground. The pulling rope is raised in a controlled manner so that it cannot blow into the phase before it is fully tensioned. Adequate tension should be maintained at all times such that the pulling rope and cable are pulled through tower to tower, keeping them well clear of the conductors and other hazards along the route.

Control of the pilot rope and the pulling rope is essential as they are raised and brought up to tension. Traditionally this has been done by having linesmen at mid-span using a control rope to contain blow-out until the required pulling force has been established. The linesman then slides the control rope along the ADSS to the tower and the rope is removed. A more reliable way of controlling the pulling rope is to use tensioning weights at the span ends. It is recommended that ground-level protection is provided, as required, over obstacles such as low voltage lines, roads and railway lines.

Using the correct stringing block sheave and tensioner bullwheel diameter is important to protect the ADSS cable.

If the specific stringing block sheave recommendations are not available from the cable manufacturer, a conservative sheave diameter is 30 times the diameter of the ADSS cable.

Si le fabricant du câble n'a pas fourni un diamètre spécifique pour le cabestan de la freineuse, une valeur prudente de diamètre de la freineuse est de 35 fois le diamètre du câble ADSS.

Sous réserve d'utiliser des procédures correctes de sécurité, l'installation et la maintenance peuvent être effectuées sans interférence avec le système électrique. A cet égard, les câbles autoporteurs assurent une valeur minimale de la moyenne de temps de réparation (MTTR).

Les principes et techniques de base utilisés pour l'installation de ces câbles sont très similaires à ceux utilisés pour l'installation des conducteurs. Les techniques traditionnelles de déroulage sous tension mécanique sont adoptées, dans toute la mesure du possible, en utilisant des machines et des accessoires d'installation normalisés, bien que dans certains cas il est admis que des machines spéciales soient nécessaires. Il est par conséquent important, en ce qui concerne l'opération d'installation, de se conformer à tous égards aux instructions du fabricant du câble.

8.3 Questions de sécurité

En général, le câble ADSS est déroulé au niveau des traverses inférieures et avec des circuits sous tension, ce qui accentue son indépendance par rapport au système électrique. L'opération de déroulage avec un circuit sous tension sur un système de lignes à circuits multiples peut être plus dangereuse du fait des tensions induites plus élevées sur la gaine du câble.

Lorsque la méthode d'installation par déroulage sous tension mécanique est utilisée pour le câble à fibres optiques, il est recommandé que les câblettes de tirage soient neuves, fabriquées en polyester ou en polypropylène pour éviter tout dommage mécanique ou optique au câble. Aux tensions de système les plus élevées, l'utilisation de câblettes étanches et gainées est recommandée pour éviter les dégradations électriques. Lorsque des câblettes de tirage ou des câblettes pilotes en matériau synthétique sont utilisées, il est recommandé de ne pas les considérer comme étant isolantes. Elles peuvent, à l'origine, présenter une résistance électrique élevée, mais l'expérience a montré qu'en cas d'utilisation prolongée, la surface des câblettes synthétiques devient suffisamment souillée pour devenir conductrice, particulièrement en présence d'eau ou dans des conditions humides.

Il est également important de choisir une câblette de tirage ayant un faible coefficient d'élasticité ou d'allongement sous charge. Il est recommandé que la câblette soit adaptée à la masse linéique du câble à fibres optiques ou qu'elle soit même plus légère de sorte que la câblette ne fléchisse pas plus que le câble à fibres optiques et maintienne ainsi la distance d'isolement requise.

8.4 Mise à la terre

Bien que les câbles ADSS soient fabriqués en matériaux isolants, il existe toujours un risque de courants de fuite. Par conséquent, comme pour les conducteurs métalliques, il convient également d'utiliser une mise à la terre roulante sur le câble ADSS, adjacent à la freineuse et au treuil pour s'assurer qu'aucune tension induite ni aucun courant de fuite ne présente des risques pour les opérateurs.

Pendant les opérations de déroulage, il convient d'installer des étaux de terre temporaires sur les fixations au niveau des pylônes afin de prévenir tout courant de fuite qui pourrait blesser le personnel, notamment en présence d'eau, dans des conditions d'humidité et/ou de pollution.

If a specific tensioner bullwheel diameter is not available from the cable manufacturer, a conservative bullwheel diameter is 35 times the diameter of the ADSS cable.

Installation and maintenance may be carried out, subject to correct safety procedures, without interference with the power system. In this respect, self-supporting cables offer a minimal Mean Time to Repair (MTTR).

The basic principles and techniques used in the installation of these cables are very similar to those used in the installation of the conductors. Conventional tension stringing techniques are adopted wherever possible utilising standard installation machinery and accessories, although in some cases, special machinery may be needed. Therefore it is important to follow the advice of the cable manufacturer in all aspects of the installation process.

8.3 Safety issues

ADSS cable has usually been strung at bottom cross arm level with circuits live, emphasising its independence from the power system. The procedure for stringing with one circuit live on a multi-circuit system may be more hazardous because of higher induced voltages on the cable sheath.

When tension stringing installation of the optical fibre cable is used, it is recommended that the pulling ropes be made of new polyester or polypropylene material, to prevent either mechanical or optical damage to the cable. At the highest system voltages, the use of water-blocked and sheathed ropes is recommended to prevent electrical degradation. Where synthetic ropes are used as pulling or pilot ropes, they should not be considered as insulating. They may initially present a high resistance electrical path, but experience has shown that over time and with use, the surface of the synthetic rope becomes sufficiently contaminated to be conductive, particularly in wet or humid conditions.

It is also important to choose a pulling rope which has low elasticity or stretch when under load. The rope should also match the weight per metre of the optical fibre cable or be even lighter so the rope will not sag lower than the optical fibre cable, thus ensuring electrical clearance is maintained.

8.4 Earthing

Although ADSS cables are manufactured from insulating material, there is still a possibility that leakage currents will occur. Therefore, as with metallic conductors, a running earth should also be employed on the ADSS cable adjacent to both the tensioner and the puller to ensure that any induced voltages or leakage currents do not present a hazard to the operators.

Temporary earthing clamps should be installed on the fittings at towers during stringing to prevent any leakage current which could be harmful to personnel, particularly in wet, humid and/or polluted conditions.

9 Maintenance

La maintenance des systèmes de câbles à fibres optiques est essentielle pour garantir une communication exempte d'interruptions. Il convient que les interventions sur le système électrique n'interfèrent pas avec le fonctionnement du système à câble optique. Ceci s'applique à toute tension de réseau jusqu'à 400 kV inclus. La maintenance s'inscrit dans deux catégories principales: la maintenance systématique et la maintenance corrective suite à une défaillance.

Les recommandations ci-après s'appliquent aux quatre systèmes de câbles à fibres optiques, c'est-à-dire: les câbles CGFO, les câbles COA, les câbles ADSS et les câbles OPPC; par ailleurs elles sont aussi sujettes à la législation nationale/locale et à la politique de l'entreprise chargée des lignes aériennes.

9.1 Questions de sécurité

Il est recommandé de n'effectuer le remplacement systématique des accessoires et gaines d'épissure endommagés alors que le ou les circuits sont sous tension, que si l'analyse du risque global réalisée en matière de sécurité indique que cette opération ne présente aucun risque. Il convient que cette analyse tienne compte de la mise à la terre, du respect des distances de travail et de la formation du personnel de ligne sur des systèmes similaires. Il convient que les risques et dangers envisagés tiennent compte d'éléments tels que la nature du défaut et la probabilité d'une défaillance prématûrée, la liaison équivalente de mise à la terre, le contact avec les conducteurs sous tension, les dangers induits pour le personnel de la ligne et le public, la coupure du disjoncteur automatique temporisé, l'accès aux pylônes et la sûreté de fonctionnement des systèmes de communication et de puissance pendant les réparations.

Lorsque des réparations sont nécessaires sur un câble CGFO, COA ou OPPC quelque part à mi-portée, ces opérations peuvent être entreprises sur la base de procédures de travail sous tension, par des opérateurs agissant à partir d'une nacelle suspendue à un hélicoptère. Les réparations à partir du pylône peuvent être réalisées sur des câbles CGFO, OPPC, COA et ADSS en utilisant, selon le cas, des accessoires de réparation hélicoïdaux ou autres, des manchons thermo-rétractables coulissants, des coquilles de réparation serties ou un système homologué de soudure des gaines. Les essais ont montré qu'il était possible d'utiliser une coquille de réparation normalisée sous un câble enroulé, appliquée au moyen d'un outil de sertissage hydraulique.

Il est recommandé de réparer le câble ADSS en le descendant au moyen de techniques similaires à celles utilisées pour l'installation. Il est également recommandé que toute réparation ultérieure soit effectuée comme décrit ci-dessus.

Il est recommandé de remplacer les câbles CGFO ou OPPC et les câbles COA gravement endommagés. Comme mesure temporaire, il convient d'utiliser soit une section de câble déployée au sol soit un câble autoporteur, jusqu'à ce qu'un remplacement permanent puisse être effectué en toute sécurité. Si une analyse de risque préalable permet d'utiliser des procédures d'installation normales, il convient de mettre en place la liaison temporaire en laissant le(s) circuit(s) sous tension.

Lorsque des dommages mécaniques sont apparus uniquement sur la gaine des câbles COA ou ADSS, une réparation utilisant un manchon thermo-rétractable ou autre peut convenir pour rétablir l'intégrité du câble. Si des manchons thermo-rétractables sont utilisés, il convient d'utiliser un bouclier thermique approprié pour protéger le câble pendant le processus.

Il est recommandé que le transfert de responsabilités entre l'opérateur et le réparateur soit parfaitement maîtrisé de manière à éviter tout risque pour la sécurité optique du personnel chargé des réparations. Avant d'entamer la réparation de fibres individuelles, il est recommandé d'utiliser un identificateur de fibre pour s'assurer qu'elles ne sont pas éclairées.

9 Maintenance

Maintenance of the optical cable systems is essential to ensure that communication is uninterrupted. Work on the power system should not interfere with the operation of the optical cable system. This applies to all voltage networks up to and including 400 kV. Maintenance falls into two main categories: routine maintenance and corrective maintenance as a result of failure.

The following recommendations are applicable to all four optical fibre cable systems, that is: OPGW cable, OPAC cable, ADSS cable and OPPC cable, and are all also dependent on national/local legislation and the overhead line company policy.

9.1 Safety issues

Routine replacement of damaged fittings and splice closures should only be undertaken with the circuit(s) energized if the comprehensive risk analysis that has been carried out on safety issues indicates that such operation can be performed safely. This analysis should include earthing, infringement of working clearances and training of line personnel on similar systems. The risks and hazards considered should include items such as the nature of the defect and its likelihood of premature failure, earth bonding, contact with energized conductors, danger to line personnel and the general public, switching out of the DAR, access to towers and security of communications and power systems during repairs.

Where repairs are required on an OPGW, OPAC or OPPC somewhere in mid span, these can be accomplished using live line working procedures, by suspending linesmen in a basket from a helicopter. Repairs from the tower can be accomplished on OPGW, OPPC, OPAC and ADSS by using helical or other repair fittings, temporary slipover heat shrinkable sleeves, two-part crimped repair sleeves or an approved sheath welding system, as applicable. Trials have shown that it is possible to use a standard repair sleeve under wrapped cable applied by using a hydraulic crimping tool.

ADSS cable should be repaired by lowering of the cable, using similar techniques as for installation. It is also recommended that subsequent repair be carried out as described above.

Seriously damaged OPGW or OPPC and OPAC cable should be replaced. As a temporary measure, either a section of ground deployed cable, or self-supporting cable should be used until a permanent replacement can safely be installed. If a prior risk analysis allows normal installation procedures, the temporary link should be installed with circuit(s) energized.

Where mechanical damage has occurred only to the sheath of OPAC or ADSS cables, a repair using a heat shrink or other sleeve to restore the integrity of the cable may be suitable. If heat shrink sleeves are used, a suitable heat shield should be employed to protect the cable during the process.

A controlled hand-over between the operator and repairer is recommended to ensure that no optical safety hazard exists to the repair personnel. Before commencing a repair to individual fibres, it is recommended that a fibre identifier be used to ensure that the fibre is unlit.

9.2 Périodicité de la maintenance systématique

Tous les systèmes de lignes aériennes sont contrôlés à intervalles réguliers, soit par des patrouilles au sol, soit par hélicoptère. Ceci permet d'identifier à distance tout problème évident sur le système de puissance électrique, alors que le(s) circuit(s) est(sont) sous tension. Pendant ce contrôle, il convient d'effectuer de la même manière une vérification de routine du système à câble optique.

9.3 Inspection détaillée

Il convient que la maintenance systématique comprenne des inspections visuelles des câbles et accessoires effectuées au cours des patrouilles normales de surveillance des lignes.

En général, une inspection plus approfondie du réseau électrique est effectuée moins fréquemment sur chaque circuit et souvent hors tension. Au cours de ces périodes, il convient également de soumettre le câble optique à une inspection détaillée, portant notamment sur les accessoires, la gaine, les brins de câbles CGFO, COA et OPPC.

Il convient d'effectuer une vérification externe des gaines d'épissure pour déceler les éventuels dommages dus aux intempéries ou autres dégâts, y compris ceux dus à des vibrations mécaniques excessives (galop des conducteurs et vibrations éoliennes) et au vandalisme. Il convient de ne pas utiliser de méthodes d'inspection invasives comme par exemple l'ouverture des épissures pour les contrôler, sauf preuves évidentes d'une défaillance de la gaine.

Afin de vérifier les éventuels problèmes d'atténuation optique ou de continuité, des mesures optiques peuvent être effectuées à tout moment, le système électrique étant sous tension. Dans le cas des systèmes de câble ADSS, il convient de n'effectuer une inspection rapprochée de la gaine du câble, alors qu'un ou plusieurs circuits sont sous tension, que si la distance de sécurité est respectée.

9.4 Maintenance corrective

Il convient d'élaborer des stratégies de réparation permettant de déterminer la meilleure ligne de conduite à suivre pour divers scénarios de défaillance. En fonction du type de défaillance et de l'urgence de rétablissement du service, il est admis d'effectuer des réparations permanentes ou temporaires. Le déploiement de câbles au sol peut constituer le moyen de réparation temporaire le plus rapide pour rétablir le service.

En général, une réparation sera nécessaire suite à des dommages mécaniques subis par le câble à fibres optiques. Pour cette raison, les exigences de maintenance des câbles CGFO seront notamment inférieures à celles des câbles COA ou ADSS. Les gaines d'épissure nécessiteront également des interventions ponctuelles de maintenance et les incidences pour chaque type de câble seront similaires.

Quel que soit le modèle de câble, il n'est pas pratique d'avoir une épissure sur la portée. En général, la réparation est effectuée en remplaçant au moins deux portées de câble car il est peu probable que des deux côtés de la partie endommagée, une longueur suffisante de câble soit disponible pour être descendue de chaque pylône vers une boîte de jonction permettant de réaliser l'épissure. Au moment de décider de la stratégie de réparation, il convient d'établir un nouveau bilan optique compte tenu de l'ajout d'épissures. Si la marge est trop faible, il est recommandé de remplacer la section de fibres optiques endommagée.

La première indication d'un défaut de la fibre sera normalement une alarme déclenchée par les équipements de transmission au moment de la défaillance de la fibre. Cependant, il existe des systèmes capables de surveiller les caractéristiques d'une fibre éclairée et de fournir une pré-alerte indiquant qu'un contrôle plus rapproché est nécessaire dans le cas où la fibre s'écarte de ses paramètres opérationnels définis. Une surveillance en temps réel peut être considérée nécessaire pour des circuits critiques où aucun acheminement alternatif n'est possible.

9.2 Routine maintenance periods

All overhead line systems are surveyed at regular intervals, either by ground patrol or helicopter. This allows remote identification of any obvious problems on the electrical power system with all circuit(s) energized. During this survey, the optical cable system should be routinely inspected in the same manner.

9.3 Detailed inspection

Routine maintenance should consist of visual inspections of the cable and fittings during normal line patrols.

A more thorough inspection of the power network is normally carried out on each circuit less frequently, often with circuit(s) de-energized. During these periods, the optical cable should also be subject to a detailed inspection, particularly of fittings, cable sheath, OPGW, OPAC and OPPC strands.

Splice closures should be inspected externally to look for weather or other related damage, including that from excessive mechanical vibration (galloping and aeolian) and vandalism. Invasive inspections, for example opening and inspecting splices, should not be performed unless there is evidence of a closure failure.

In order to check for any optical attenuation or continuity problems, optical measurements can be taken at any time with the power system energized. In the case of ADSS cable systems, a close inspection of the cable sheath should only be carried out with circuit(s) energized if the safety clearance is not infringed.

9.4 Corrective maintenance

Repair strategies should be formulated to determine the best course of action for various failure scenarios. Repairs may be permanent or temporary depending on the type of failure and the need for the urgent restoration of service. As a means of temporary repair, ground deployed cables can offer the fastest return to service.

Repair will normally be required as a result of mechanical damage to the optical fibre cable. For this reason, maintenance requirements for OPGW will be significantly lower than for either OPAC or ADSS cables. Splice closures will also require maintenance from time to time and the incidence for each cable type will be similar.

It is not practical to have a splice in the span on any of the cable designs. Repair will normally be accomplished by replacing at least two spans of cable as it is improbable that sufficient cable, either side of the damage, will be available to be brought down each tower to a splice box. When deciding on the repair strategy, consideration should be given to determining the new optical budget if additional splices are added. If the margin is too small, replacement of the optical section is recommended.

The first indication of a fibre fault will normally be an alarm raised by the transmission equipment when the fibre fails. However, there are systems, which can monitor the characteristics of a lit fibre and give an early warning of the need for a closer inspection if the fibre deviates from its defined operational parameters. Real-time monitoring may be considered necessary for critical circuits where alternate routing is not possible.

Lorsqu'un défaut est détecté, il convient d'utiliser un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR) pour le localiser. Une mesure est tout d'abord effectuée à l'extrémité terminale pour déterminer l'emplacement approximatif du défaut, suivie d'un contrôle de la ligne pour déterminer son emplacement exact. S'il n'y a pas d'indication physique de dommage au câble à fibres optiques, une seconde mesure OTDR peut être effectuée à l'extrémité de la section optique la plus proche du défaut. Il convient de déterminer l'emplacement exact du défaut avant de prendre les mesures de réparation, de manière à pouvoir identifier la(les) portée(s) concernée(s).

Une solution à court terme permettant de pallier la défaillance d'une fibre individuelle peut être d'acheminer un service donné sur une autre fibre du câble. La défaillance des fibres est en général associée à des dommages mécaniques subis par les câbles et il est recommandé que chaque événement de défaillance soit suivi d'une inspection complète du câble.

Il convient d'élaborer des procédures de travail pour le remplacement des accessoires endommagés et/ou la dépose et le remplacement de câbles COA, ADSS, CGFO ou OPPC endommagés.

Une fois achevées les réparations, qu'elles soient temporaires ou permanentes, il convient d'effectuer une série complète d'essais optiques pour s'assurer que la réparation est efficace et qu'elle n'a pas induit d'atténuations élevées dues aux micro-courbures.

10 Synthèse de l'étude

Plusieurs types de câble à fibres optiques différents sont de nos jours installés sur des lignes électriques, à tous les niveaux de tension, dans des conditions parfois dangereuses.

Les câbles à fibres optiques sont fréquemment installés alors que des circuits de puissance sont sous tension. Le présent rapport technique fournit des lignes directrices quant à la manière de garantir des installations en toute sécurité en tenant compte des règles locales applicables en la matière.

Les méthodes de travail en toute sécurité dépendent en grande partie du niveau de tension du système et du type de construction.

Les principaux facteurs qui affectent la sécurité sont:

- l'utilisation de personnel compétent et correctement formé, certifié en matière de procédures d'installation;
- une étude convenable des conditions avant le début des travaux;
- la planification préalable des procédures à adopter en cas d'urgence;
- l'utilisation de techniques d'analyse des risques permettant de les identifier et de les réduire au minimum;
- la réduction des risques de perte de contrôle des câbles ou des conducteurs;
- des pratiques de mise à la terre permettant de prévenir les tensions ou les courants induits dangereux, ou encore le contact électrique;
- le maintien d'une distance de sécurité électrique appropriée en toute circonstance;
- la surveillance continue des conditions météorologiques;
- l'utilisation, le cas échéant, de zones d'équipotentialité ou de mailles de terre;
- l'utilisation, le cas échéant, de câblettes gainées et étanches;
- l'utilisation de dispositifs à auto-réenclenchement temporisé (DAR), qui sont désactivés lors de l'installation des câbles à fibres optiques.

L'installation et la maintenance des câbles à fibres optiques sur des lignes électriques sous tension peuvent être réalisées à des niveaux de sécurité acceptables. Les travaux sur des systèmes électriques ou optiques ne doivent pas affecter la sécurité opérationnelle de l'un ou de l'autre système.

When a fault is detected, an optical time domain reflectometer (OTDR) should be used to determine the location of the fault. Initially, a measurement is made from the terminal end to determine the approximate location of the fault and a survey of the line is made to determine the exact location of the fault. If there is no physical indication of damage to the optical fibre cable, a second OTDR measurement may be made at the end of the optical section nearest to the fault. The exact location of the fault should be determined before taking repair action so that the span or spans affected can be identified.

A short term solution to failure of an individual fibre may be to route a service on to an alternative fibre within the cable. Fibre failure is usually associated with mechanical damage to the cable and it is recommended that every incidence of failure be followed by a full inspection of the cable.

Working procedures should be developed for the replacement of damaged fittings and/or the removal and replacement of damaged OPAC, ADSS, OPGW, or OPPC cable.

Following completion of both temporary and permanent repairs, a full series of optical tests should be carried out to ensure that the repair has been effective and has not introduced high attenuation due to micro-bending.

10 Summary of considerations

Several different types of optical fibre cable are being routinely installed on electrical power lines at all voltage levels under conditions which may be hazardous.

Optical fibre cables are frequently installed with power circuits energized. Guidance is given on how to ensure that such installations are carried out safely in conjunction with local safety rules.

Methods of working safely are very dependent on system voltage level and type of construction.

Major factors affecting safety include:

- the use of properly trained, competent staff, certified in installation procedures;
- adequate survey of conditions before work commences;
- the pre-planning of procedures to be adopted in the event of an emergency;
- the use of risk analysis techniques to identify and minimise risk;
- minimising the risk of loss of control of cables or conductors;
- earthing practice to prevent dangerous induced current or voltages, or electrical contact;
- maintaining an adequate electrical safety clearance at all times;
- continuous monitoring of weather conditions;
- the use, where appropriate, of equipotential zones or earth mats;
- the use, where appropriate, of sheathed and water-blocked ropes;
- delayed auto-reclose facilities to be disabled during optical fibre cable installation.

The installation and maintenance of optical cabling on energized power lines can be achieved with acceptable levels of safety. Work on the power or optical systems shall not affect the operational security of either system.



Figure 1 – Exemple représentatif d'un palonnier de déroulage anti-torsion (voir 2.3 et 5.1.1)

IEC 2509/05



Figure 1 – Typical anti-twist running board (see 2.3 and 5.1.1)

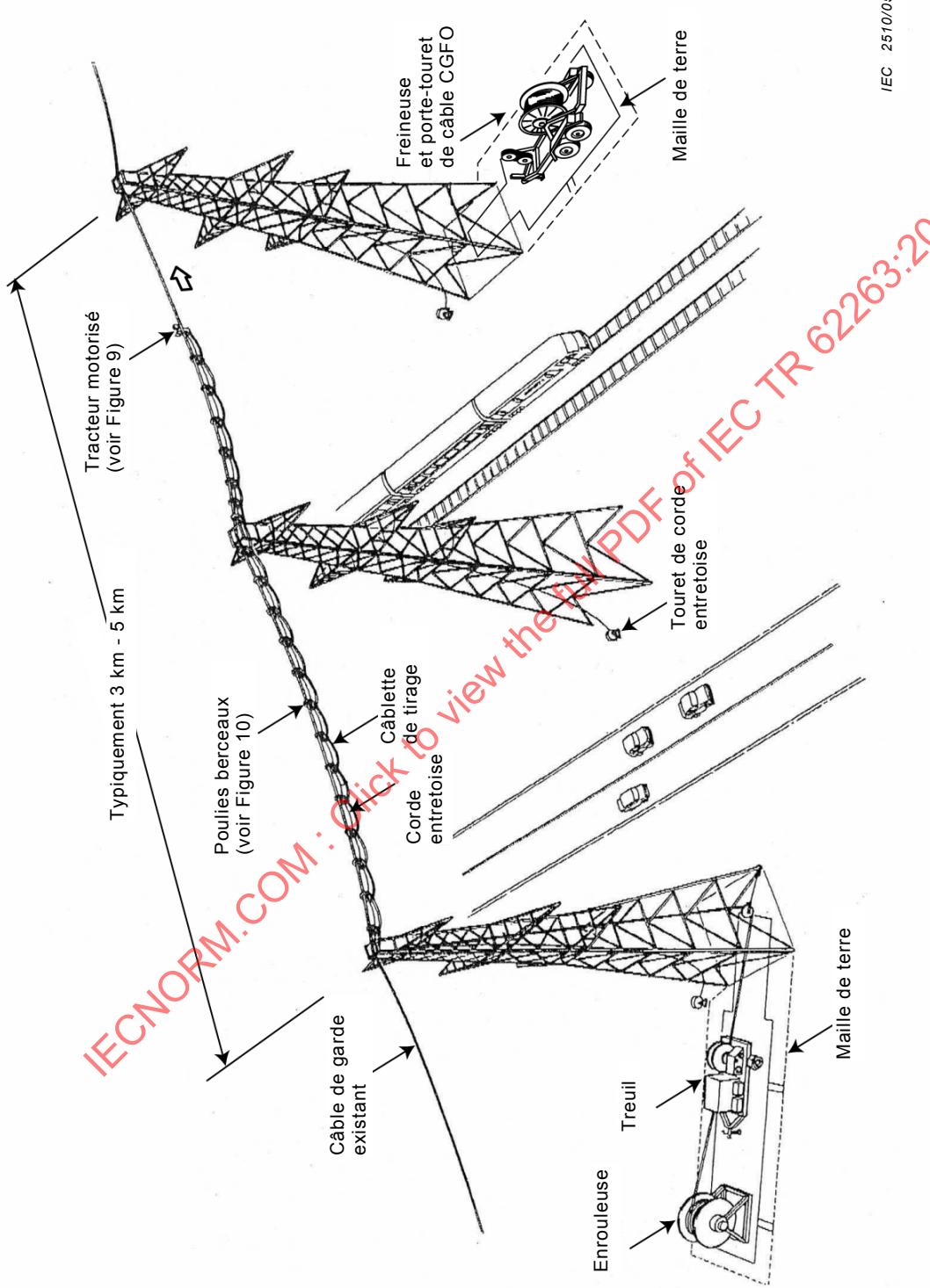


Figure 2 – Système poulies berceaux à portées multiples – Implantation générale (voir 2.7 et 5.2.2)

IEC 2510/05

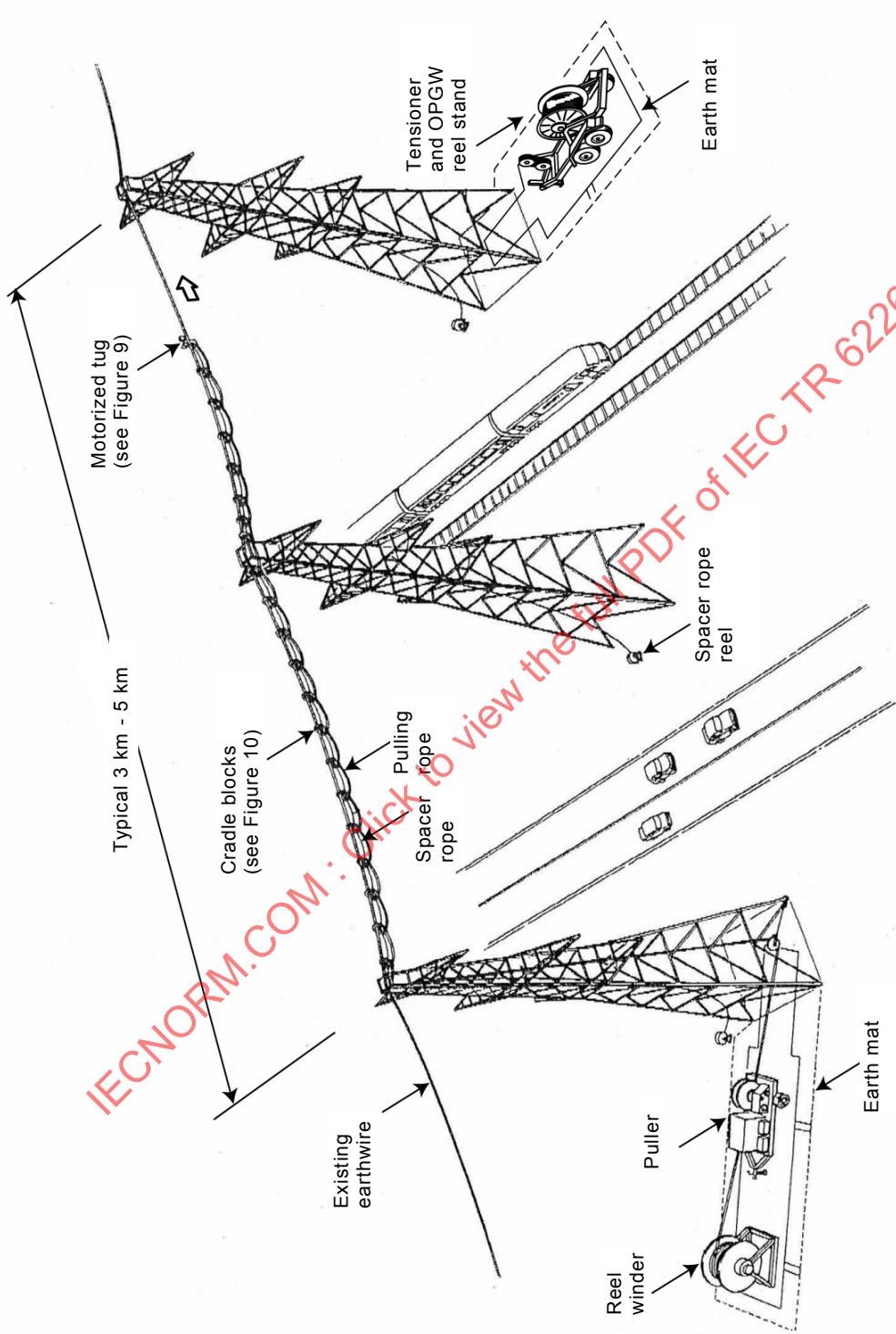


Figure 2 – Multi-span cradle block system – General layout (see 2.7 and 5.2.2)

Description de l'opération	Extrémité de tirage (côté treuil)	Méthode	Extrémité de freinage (côté freineuse)	Fonction des pouilles berceaux
1. Le tracteur motorisé, supporté par le câble de garde existant, tire la corde entretoise et la câblette de tirage et les met en place sur chaque portée, depuis l'extrémité de tirage jusqu'à l'extrémité de freinage. La corde entretoise place les pouilles berceaux sur chaque portée.				
2. Le treuil tire, au moyen de la câblette de tirage, le nouveau câble de garde à fibres optiques CGFO pour le mettre en place. Le câble CGFO est tendu par la freineuse.				
3. La flèche du câble CGFO est réglée et la liaison équipotentielle est réalisée au niveau de chaque support. Le câble de garde existant est ensuite séparé de son appui, au niveau de chaque support, il est tiré par le treuil et tendu par la freineuse et une câblette légère.				
4. Un bloc-freins est fixé à l'extrémité de freinage de la corde entretoise et de la câblette de tirage légère. Le treuil sort les pouilles berceaux de chaque portée, depuis l'extrémité de freinage jusqu'à l'extrémité de tirage.				

Figure 3 – Méthode de travail au système de pouilles berceaux à portées multiples (voir 2.7 et 5.2.2)

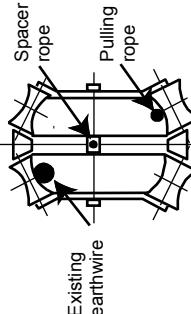
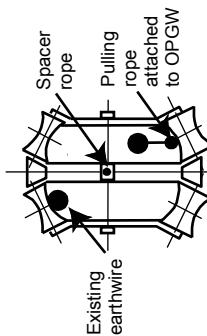
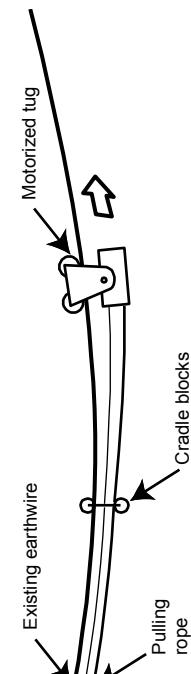
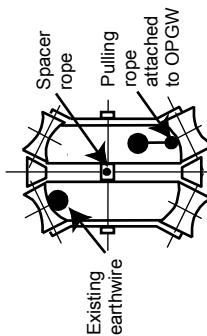
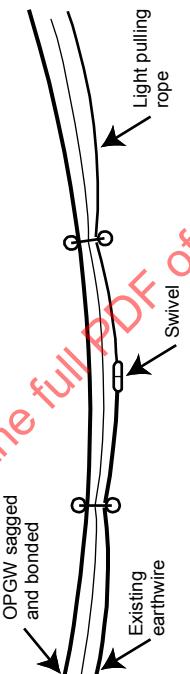
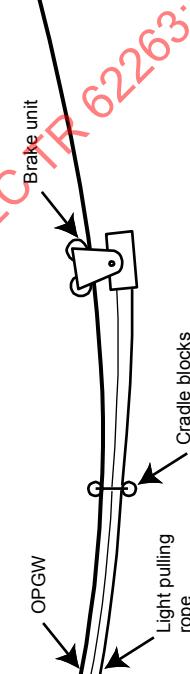
Description of process	Puller end	Method	Tensioner end	Cradle block function
1. The motorized tug, supported by the existing earthwire, pulls the spacer rope and the pulling rope into place in each span from the puller to the tensioner end. The spacer rope places the cradle blocks in each span.				
2. The puller pulls the new OPGW optical fibre earthwire into place with the pulling rope. The OPGW is tensioned out by the tensioner.				
3. The OPGW is sagged and bonded at each structure. Then the existing earthwire is disconnected from its support at each structure, and is pulled out with the puller, and tensioned out by the tensioner and a light rope.				
4. A brake unit is attached to the tensioner end of the spacer rope and the light pulling rope. The puller pulls the cradle blocks out of each span from the tensioner end to the puller end.				

Figure 3 – The multi-span cradle block system work procedure (see 2.7 and 5.2.2)

Description de l'opération	Extrémité de freinage (côté freineuse)	Méthode	Extrémité de tirage (côté treuil)	Fonction des poules berceaux
1. Le tracteur motorisé, supporté par le câble endommagé CGFO existant, tire la corde entretoise et la câblette de tirage et les met en place sur chaque portée. La corde entretoise place les poules berceaux dans la portée et elle est ancrée aux deux pylônes concernés.				
2. Le treuil tire, au moyen de la câblette de tirage, le nouveau câble de garde à fibres optiques CGFO pour le mettre en place. Le câble CGFO est tendu par le dérouleur de câble CGFO.				
3. La flèche du câble CGFO est réglée et la liaison équipotentielle est réalisée au niveau de chaque support. Le câble endommagé CGFO existant est ensuite séparé de son appui, au niveau de chaque support, il est tiré par le treuil et tendu par le dérouleur de câble CGFO et une câblette légère.				
4. Un bloc-freins est fixé à l'extrémité de freinage de la corde entretoise et de la câblette de tirage légère. Le treuil sort les poules berceaux de la portée, depuis l'extrémité de freinage jusqu'à l'extrémité de tirage.				

Figure 4 – Méthode de travail au système pouilles berceaux à portée unique (voir 2.7 et 5.2.3)

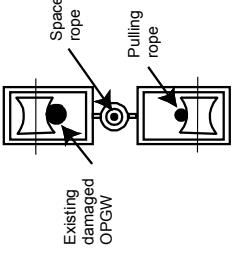
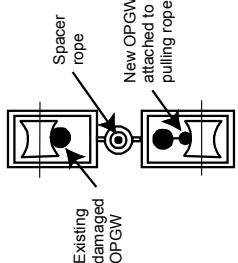
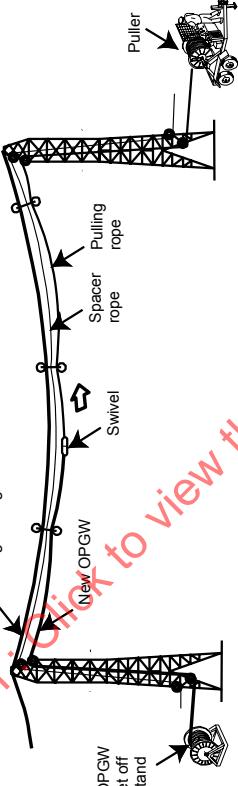
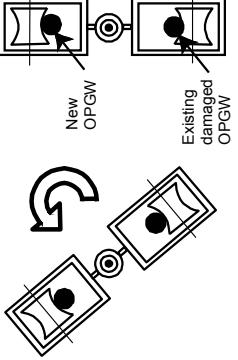
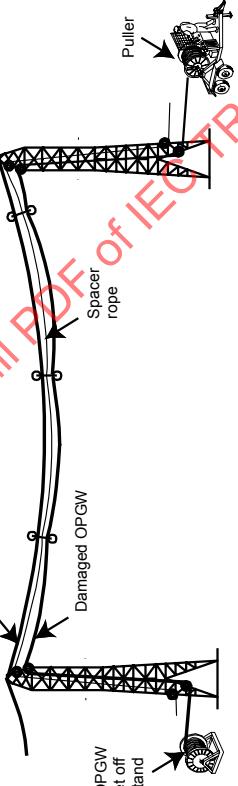
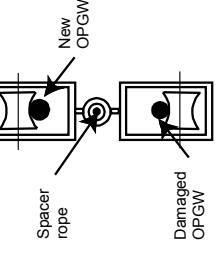
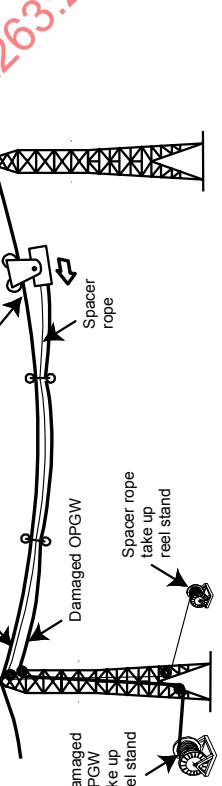
Description of process	Tensioner end	Method	Puller end	Cradle block function
1. The motorized tug, supported by the existing damaged OPGW, pulls the spacer rope and the pulling rope into place in the span. The spacer rope places the cradle blocks in the span and is anchored at both towers.				
2. The puller pulls the new OPGW optical fibre earthwire into place with the pulling rope. The OPGW is tensioned out by the OPGW Let off Stand.				
3. The OPGW is sagged and bonded at each structure. Then the existing damaged OPGW is disconnected from its support at each structure, and is pulled out with the puller, and tensioned out by the Let off Stand and a light rope.				
4. A brake unit is attached to the tensioner end of the spacer rope and the light pulling rope. The puller pulls the cradle blocks out of the span from the tensioner end to the puller end.				

Figure 4 – The single span cradle block system work procedure (see 2.7 and 5.2.3)

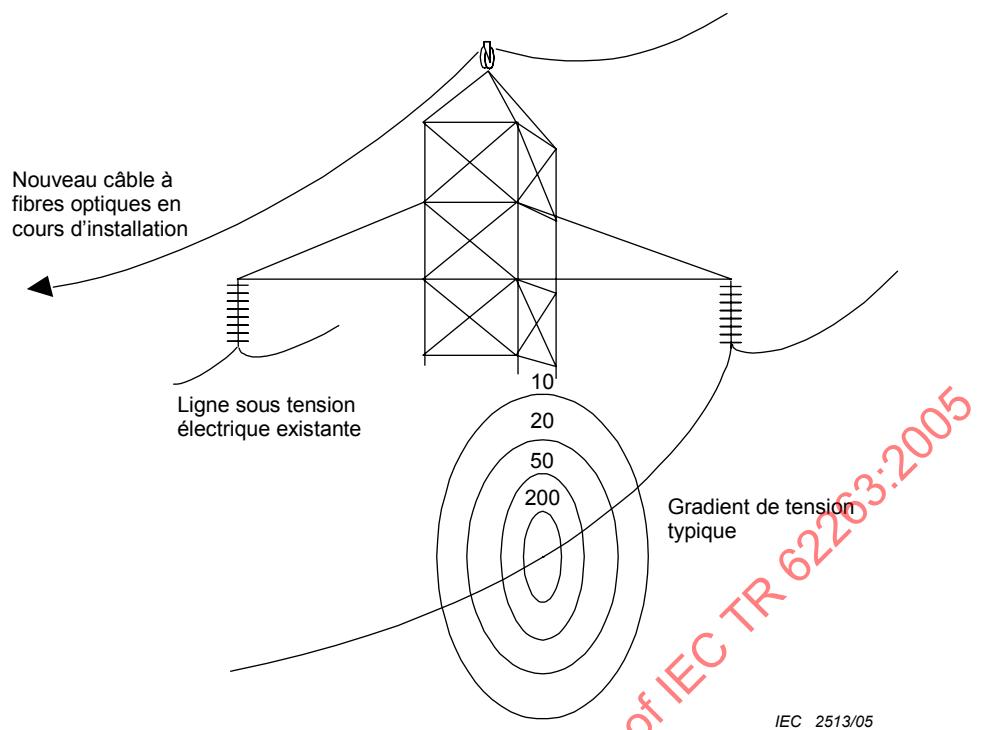


Figure 5a – Vue schématique

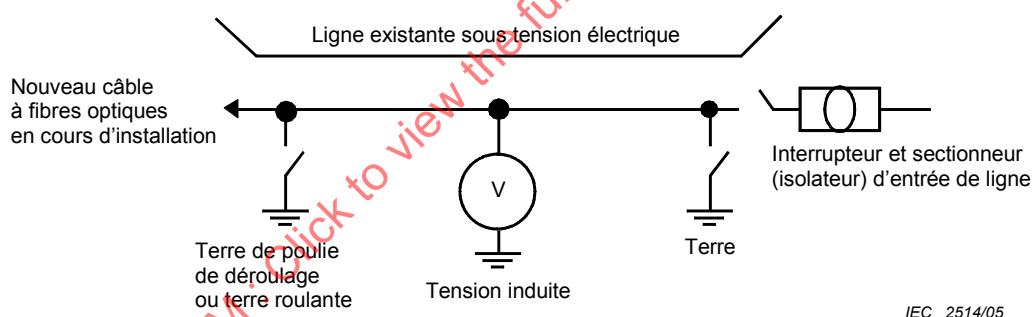
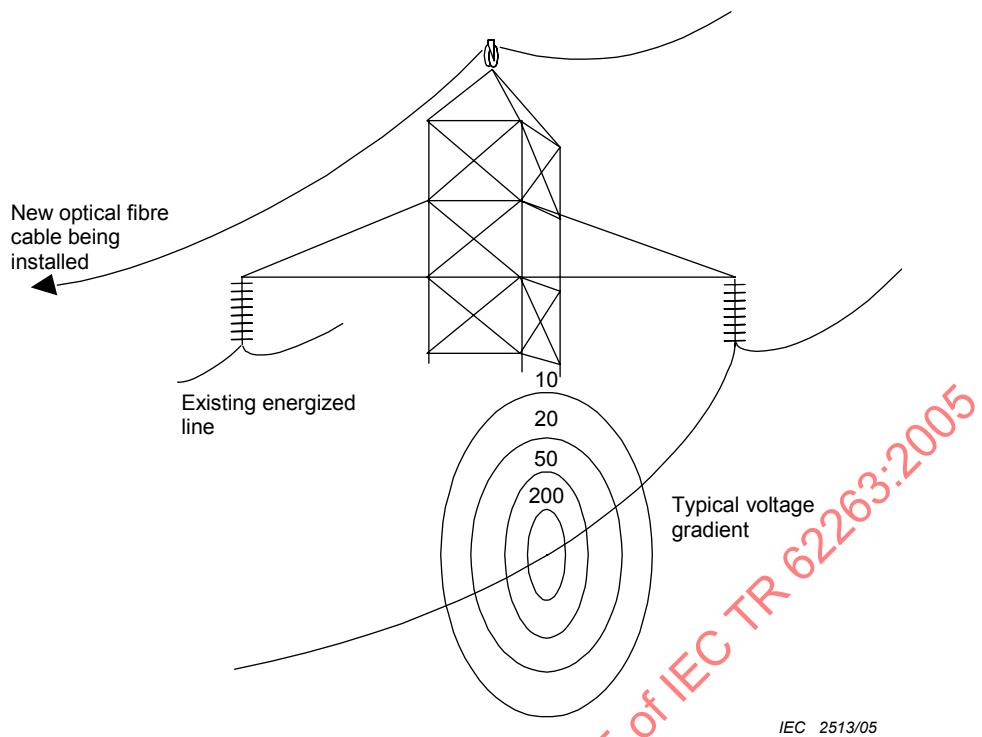
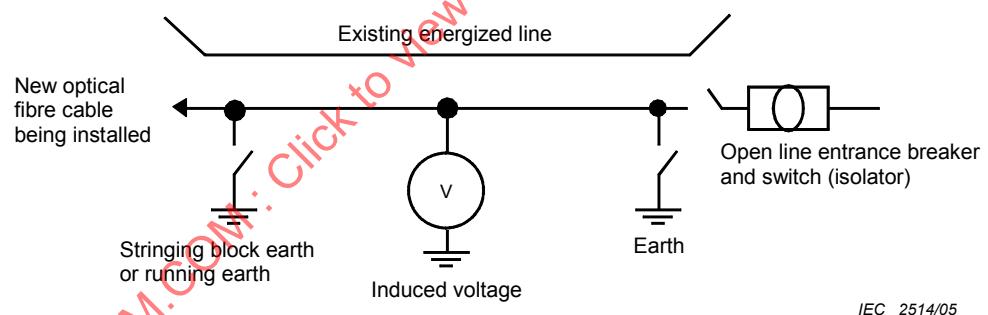


Figure 5b – Diagramme

NOTE Cette figure est simplifiée. Les trois phases de la ligne sous tension existante participent à l'induction.

Figure 5 – Tension induite par un champ électrique sur un câble à fibres optiques parallèle en cours d'installation (voir 3.1.1)

**Figure 5a – Pictorial view****Figure 5b – Diagrammatic view**

NOTE This figure is simplified. The three phases of the existing energized line are involved in the induction.

Figure 5 – Electric field induced voltage on a parallel optical fibre cable being installed (see 3.1.1)