NATIONAL STANDARD OF CANADA
NORME NATIONALE DU CANADA

CAN/ULC-61472-14
(CEI/IEC 61472:2013, IDT)

La norme internationale **CEI/IEC 61472:2013, (troisième édition, 2013-04)** a été adoptée sans les exigences propres au Canada (IDT) et porte la désignation **CAN/ULC-61472-14** la première édition. Elle a été approuvée comme Norme nationale du Canada par le Conseil canadien des normes.

ISSN 0317-526X

Mai 2014

International Standard **CEI/IEC 61472:2013 (Third Edition, 2013-04)** has been adopted without modifications (IDT) as the First Edition of **CAN/ULC-61472-14**, which has been approved as a National Standard of Canada by the Standards Council of Canada.

ISSN 0317-526X

May 2014

Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul

ICS 13.260, 29.240.20, 29.260.99

Live working – Minimum approach distances for a.c. systems in the Voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation

ICS 13.260, 29.240.20, 29.260.99

Numéro de référence
Reference Number
CEI/IEC 61472:2013

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission

© CEI 2013. © Normes ULC 2014.Tous droites réservés. Toute reproduction sans autorisation est strictement interdite.
© IEC 2013. © ULC Standards 2014. All rights reserved. Unauthorized reproduction is strictly prohibited.

ULC Standards
Normes ULC

Standards Council of Canada
Conseil canadien des normes

Les Laboratoires des assureurs du Canada (ULC) ont été constitués en 1920 par lettres patentes émises par le gouvernement canadien. Ils entretiennent et exploitent des laboratoires et des services de certification pour le contrôle, la mise à l'essai et la certification d'appareils, d'équipement, de matériaux, de constructions et de systèmes dans le but de déterminer leur rapport avec les risques de mortalité, d'incendie et de perte de biens, et ils fournissent également des services d'inspection.

Les Laboratoires des assureurs du Canada sont accrédités par le Conseil canadien des normes à titre d'organisme de certification, d'organisme de mise à l'essai et d'organisme d'inspection en vertu du Système national de normes du Canada.

Normes ULC élabore et publie des normes et d'autres publications connexes relatives à la construction de bâtiments, à la protection par système d'alarme de sécurité et système d'alarme antivol, à la sécurité environnementale, au matériel électrique, à l'équipement de protection incendie, aux appareils à gaz et au mazout, aux produits d'isolation thermique, aux matériaux et aux systèmes, à l'utilisation d'énergie dans le milieu de la construction et à la sécurité au travail pour les services publics d'électricité.

Normes ULC est un organisme sans but lucratif et est accrédité par le Conseil canadien des normes à titre d'organisme d'élaboration de normes.

Les Normes nationales du Canada élaborées par Normes ULC satisfont aux critères et aux méthodes établis par le Conseil canadien des normes. Ces normes sont rédigées selon le principe du consensus par des personnes qui représentent un juste équilibre des intérêts visés par l'objet de la norme en cause sur le plan national.

Les Laboratoires des assureurs du Canada sont représentés partout au Canada ainsi que dans de nombreux pays.

Pour obtenir plus de renseignements sur les services des Laboratoires des assureurs du Canada, veuillez communiquer avec :

Service à la clientele : 1-866-937-3852

SIÈGE SOCIAL
Laboratoires des assureurs du Canada
7, chemin Underwriters
Toronto (Ontario) M1R 3A9
Téléphone : (416) 757-3611
Télécopieur : (416) 757-9540

BUREAUX RÉGIONAUX

PACIFIQUE
13775, Commerce Parkway, bureau 130
Richmond (Colombie-Britannique) V6V 2V4
Téléphone : (604) 214-9555
Télécopieur : (604) 214-9550

EST
6505, Route transcanadienne, bureau 330
St-Laurent (Québec) H4T 1S3
Téléphone : (514) 363-5941
Télécopieur : (514) 363-7014

Pour obtenir plus de renseignements sur les normes des Laboratoires des assureurs du Canada, veuillez communiquer avec :

NORMES ULC
171, rue Nepean, bureau 400
Ottawa (Ontario) K2P 0B4
Téléphone : (613) 755-2729
Télécopieur : (613) 231-5977

Courriel : customerservice@ulc.ca
Site Web : www.ulc.ca

Underwriters Laboratories of Canada (ULC) was established in 1920 by letters patent issued by the Canadian Government. It maintains and operates laboratories and certification services for the examination, testing and certification of appliances, equipment, materials, constructions and systems to determine their relation to life, fire and property hazards as well providing inspection services.

Underwriters Laboratories of Canada is accredited by the Standards Council of Canada as a Certification Organization, a Testing Organization, and an Inspection Body under the National Standards System of Canada.

ULC Standards develops and publishes standards and other related publications for building construction, security and burglar protection, environmental safety, electrical equipment, fire protection equipment, gas and oil equipment, thermal insulation products, materials and systems, energy use in the built environment and electrical utility safety.

ULC Standards is a not-for-profit organization and is accredited by the Standards Council of Canada as a Standards Development Organization.

National Standards of Canada developed by ULC Standards conform to the criteria and procedures established by the Standards Council of Canada. Such standards are prepared using the consensus principle by individuals who provide a balanced representation of interests relevant to the subject area on a national basis.

ULC is represented across Canada as well as many countries worldwide.
For further information on ULC services, please contact:

Customer Service: 1-866-937-3852

CORPORATE HEADQUARTERS
Underwriters Laboratories of Canada
7 Underwriters Road
Toronto, Ontario M1R 3A9
Telephone: (416) 757-3611
Fax: (416) 757-9540

REGIONAL OFFICES

PACIFIC OFFICE
13775 Commerce Parkway, Suite 130
Richmond, British Columbia V6V 2V4
Telephone: (604) 214-9555
Fax: (604) 214-9550

EASTERN OFFICE
6505 Route Transcanadienne, Suite 330
St. Laurent, Québec H4T 1S3
Telephone: (514) 363-5941
Fax: (514) 363-7014

For further information on ULC standards, please contact:

ULC STANDARDS
171 Nepean Street, Suite 400
Ottawa, Ontario K2P 0B4
Telephone: (613) 755-2729
Fax: (613) 231-5977

E-mail: customerservice@ulc.ca
Web site: www.ulc.ca

Le Conseil canadien des normes (CCN) est le coordonnateur du réseau canadien de normalisation, lequel est composé de personnes et d'organismes qui participent à l'élaboration, la promotion et la mise en oeuvre des normes. Grâce aux efforts conjugués des membres du réseau canadien de normalisation, les travaux de normalisation contribuent à améliorer le bien-être collectif et économique du Canada et à protéger la santé et la sécurité des Canadiens. Le CCN veille au bon déroulement des activités du réseau.

Les principaux objectifs du CCN sont d'encourager et de favoriser une normalisation volontaire en vue de faire progresser l'économie nationale, de contribuer au développement durable, d'améliorer la santé, la sécurité et le bien-être des travailleurs et du public, d'aider et de protéger le consommateur, de faciliter le commerce intérieur et extérieur et de développer la coopération internationale en matière de normalisation.

Un aspect important du système canadien d'élaboration de normes est l'application des principes suivants : consensus; égalité d'accès et participation efficace des parties concernées; respect des divers intérêts et détermination des intérêts auxquels il faudrait donner accès au processus afin d'assurer l'équilibre nécessaire entre les intérêts; mécanisme de règlement des différends; ouverture et transparence; liberté d'accès des parties intéressées aux procédures qui orientent le processus d'élaboration de normes; clarté des processus; prise en compte de l'intérêt du Canada comme fondement initial de l'élaboration des normes.

Une Norme nationale du Canada (NNC) est une norme qui a été préparée ou examinée par un organisme d'élaboration de normes (OEN) accrédité et approuvée par le CCN au regard des exigences d'approbation des NNC. L'approbation ne porte pas sur le contenu technique de la norme, cet aspect demeurant la responsabilité de l'OEN. Une NNC reflète un consensus parmi les points de vue d'un certain nombre de personnes compétentes dont les intérêts réunis forment, dans la plus grande mesure possible, une représentation équilibrée des intérêts généraux et de ceux des producteurs, des organismes de réglementation, des utilisateurs (y compris les consommateurs) et d'autres personnes intéressées, selon le domaine visé. Les NNC ont pour but d'apporter une contribution appréciable, en temps opportun, à l'intérêt du Canada.

Il est recommandé aux personnes qui ont besoin d'utiliser des normes de se servir des NNC. Ces normes font l'objet d'examens périodiques; c'est pourquoi l'on recommande aux utilisateurs de se procurer l'édition la plus récente de la norme auprès de l'OEN qui l'a publiée.

La responsabilité d'approuver les normes comme NNC incombe au :

Conseil canadien des normes
270, rue Albert,
bureau 200
Ottawa (Ontario)
K1P 6N7
CANADA

Téléphone: (613) 238-3222

The Standards Council of Canada (SCC) is the coordinating body of the Canadian standardization network, which is composed of people and organizations involved in the development, promotion and implementation of standards. Through the collaborative efforts of Canadian standardization network members, standardization is helping to advance the social and economic well-being of Canada and to safeguard the health and safety of Canadians. The network's efforts are overseen by SCC.

The principal objectives of SCC are to foster and promote voluntary standardization as a means of advancing the national economy, supporting sustainable development, benefiting the health, safety and welfare of workers and the public, assisting and protecting the consumer, facilitating domestic and international trade, and furthering international cooperation in relation to standardization.

An important facet of the Canadian standards development system is the use of the following principles: consensus; equal access and effective participation by concerned interests; respect for diverse interests and identification of those who should be afforded access to provide the needed balance of interests; mechanism for dispute resolution; openness and transparency; open access by interested parties to the procedures guiding the standards development process; clarity with respect to the processes; and Canadian interest consideration as the initial basis for the development of standards.

A National Standard of Canada (NSC) is a standard prepared or reviewed by an SCC-accredited SDO and approved by the SCC according to NSC approval requirements. Approval does not refer to the technical content of the standard, as this remains the responsibility of the SDO. An NSC reflects a consensus of a number of capable individuals whose collective interests provide, to the greatest practicable extent, a balance of representation of general interests, producers, regulators, users (including consumers) and others with relevant interests, as may be appropriate to the subject at hand. NSCs are intended to make a significant and timely contribution to the Canadian interest.

Those who have a need to apply standards are encouraged to use NSCs. These standards are subject to periodic review. Users of NSCs are cautioned to obtain the latest edition from the SDO that publishes the standard.

The responsibility for approving standards as NSCs rests with:

Standards Council of Canada
270 Albert Street
Suite 200
Ottawa, Ontario
K1P 6N7
CANADA

Telephone: (613) 238-3222

Le but premier visé par cette norme est énoncé au paragraphe qui en définit le domaine d'application. Il importe de préciser qu'il incombe à l'utilisateur de décider si la norme convient à ses besoins particuliers.

The intended primary application of this Standard is stated in its scope. It is important to note that it remains the responsibility of the user of the Standard to judge its suitability for this particular application.

LES NORMES NATIONALES DU CANADA SONT DISPONIBLES EN VERSIONS FRANÇAISE ET ANGLAISE
NATIONAL STANDARDS OF CANADA ARE AVAILABLE IN FRENCH AND ENGLISH VERSIONS

On peut se procurer des exemplaires de cette Norme nationale du Canada en s'adressant à Normes ULC.

Copies of this National Standard of Canada may be ordered from ULC Standards.

NORME NATIONALE DU CANADA

CAN/ULC-61472-14
(CEI/IEC 61472:2013, IDT)

Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de Calcul

ICS 13.260, 29.240.20, 29.260.99

NATIONAL STANDARD OF CANADA

CAN/ULC-61472-14
(CEI/IEC 61472:2013, IDT)

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

ICS 13.260, 29.240.20, 29.260.99

Préparée par / Prepared by
International Electrotechnical Commission
Commission Électrotechnique Internationale

Passé en revue par / Reviewed by
ULC Standards
Normes ULC

ULC Standards
Normes ULC

Approuvée par le / Approved by

Standards Council of Canada
Conseil canadien des normes

PREMIERE ÉDITION / FIRST EDITION ..... MAI 2014/ MAY 2014

© 2014
Normes ULC
Toute reproduction, même partielle, de cette publication, par procédé électronique ou autre, est interdite sauf autorisation préalable des Normes ULC.

Copyright © 2014
ULC Standards
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form, in an electronic retrieval system or otherwise, without prior permission of ULC Standards.

ULC COMMITTEE ON LIVE WORKING
COMITÉ ULC SUR LES TRAVAUX SOUS TENSION

MEMBER/MEMBRE	REPRESENTING/REPRÉSENTANT	REGION/RÉGION	CATEGORY /CATÉGORIE
T. Corbett	SaskPower	Saskatchewan	User/Utilisateur
R. Finlay	Hydro One Networks Inc.	Ontario	User/Utilisateur
M. Gardner	Alberta Safety Codes	Alberta	Regulator/Organisme de réglementation
J. Harris	Hycotec	Ontario	General Interest/ Membre intéressé à titre divers
C. Jeans	Consultant	Canada	General Interest/ Membre intéressé à titre divers
P. Komaroni	CR Power	Canada	User/Utilisateur
C. Maurice	Kinectrics Inc.	Canada	General Interest/ Membre intéressé à titre divers
J. McDonald	Powerline Training Consultants	Canada	General Interest/ Membre intéressé à titre divers
T. Olson	TKO Consulting	Canada	General Interest/ Membre intéressé à titre divers
J. Pollard	Oberon Company	Canada	Producer/Producteur
B. Richards	North Safety Products	Canada	Producer/Producteur
S. Pineiro	Hydro-Québec	Québec	User/Utilisateur
B. Spalteholz	BC Hydro	British Columbia/ Colombie-Britannique	User/Utilisateur
H. Werden	ATCO Electric	Alberta	User/Utilisateur
M. Ciufo (Non-voting)	CEA	Canada	Associate Member/ Membre associé
C. Comte (Non-voting)	IREQ	Québec	Associate Member/ Membre associé
W. van Halderen	ULC Standards/ Normes ULC	Canada	(Standards Coordinator Non-voting) / (coordonnateur des normes sans droit de vote)

Il s'agit de la liste des membres du comite au moment de l'approbation de présent document. La composition du comite peut avoir change depuis ce temps-la.

This list represents the membership at the time the Committee balloted on the final text of this edition. Since that time, changes in the membership may have occurred.

CAN/ULC-61472-14
(CEI/IEC 61472:2013, IDT)

Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul

PRÉFACE ULC

Ce document constitue la première édition de la norme, CAN/ULC-61472-14 (CEI/IEC 61472:2013, IDT), Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul, laquelle constitue une adoption de la norme internationale de la Commission Électrotechnique Internationale, CEI/IEC 61472 (troisième édition, 2013-04)

Au Canada, il y a deux langues officielles, le français et l'anglais. Tous les avertissements de sécurité doivent être en français et en anglais. Il importe de signaler que certaines autorités canadiennes peuvent exiger que des marquages et/ou des directives d'installation supplémentaires soient dans les deux langues officielles.

Cette édition de la norme a été approuvée par le Comité ULC sur les travaux sous tension et a été approuvée en tant que Norme nationale du Canada par le Conseil canadien des normes.

La révision de cette norme débutera dans les 5 ans suivant la date de publication, à moins que la norme soit désignée comme entrant dans une catégorie stabilisée, auquel cas la révision commencera dans le délai approprié défini par Normes ULC.

La présente norme est destinée à être utilisée à des fins d'évaluation de la conformité.

Une grande partie du financement nécessaire au processus d'adoption de cette norme nationale du canada a été assurée par l'association canadienne de l'électricité (ACE) que nous tenons à remercier.

Mai 2014

© Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite d'aucune manière, par système de récupération électronique ou autre, sans la permission préalable des Normes ULC L'impression du document CEI a été autorisée. Toute demande de renseignements sur cette Norme nationale du Canada devrait être adressée aux Normes ULC.

CAN/ULC-61472-14
(CEI/IEC 61472:2013, IDT)

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

ULC PREFACE

This is the First Edition of the Standard CAN/ULC-61472-14 (CEI/IEC 61472:2013, IDT), Live working – Minimum approach distances for a.c. systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation, which is an adoption of the international standard by International Electrotechnical Commission, CEI/IEC 61472:2013 (Third Edition 2013-04).

In Canada there are two official languages, English and French. All safety warnings must be in French and English. Attention is drawn to the possibility that some Canadian authorities may require additional markings and/or installation instructions to be in both official languages.

This Edition of the Standard has been formally approved by the ULC Committee on Live Working and has been approved as a National Standard of Canada by the Standards Council of Canada.

The initiation of the review of this Standard will commence within 5 years of the date of publication, unless the Standard is identified as fitting within a stabilized category, whereby the review will commence within the appropriate time frame set out by ULC Standards.

This Standard is intended to be used for conformity assessment.

Major funding in support of the adoption process of this National Standard of Canada was provided by the Canadian Electricity Association (CEA), whose assistance is acknowledged with thanks.

May 2014

© All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form, in an electronic retrieval system or otherwise, without the prior permission of ULC Standards. IEC material is reprinted with permission. Inquiries regarding this National Standard of Canada should be addressed to ULC Standards.

IEC 61472

Edition 3.0 2013-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul



IEC 61472:2013

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.
If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.
Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC 61472

Edition 3.0 2013-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Travaux sous tension – Distances minimales d'approche pour des réseaux à courant alternatif de tension comprise entre 72,5 kV et 800 kV – Une méthode de calcul

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX X

ICS 13.260; 29.240.20; 29.260.99

ISBN 978-2-83220-717-8

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Terms, definitions and symbols 6
2.1 Terms and definitions 6
2.2 Symbols used in the normative part of the document 8
3 Methodology 9
4 Factors influencing calculations 10
4.1 Statistical overvoltage 10
4.2 Gap strength 10
4.3 Calculation of electrical distance D_U 11
4.3.1 General equation 11
4.3.2 Factors affecting gap strength 11
5 Evaluation of risks 16
6 Calculation of minimum approach distance D_A 17
Annex A (informative) Ergonomic distance 18
Annex B (informative) Overvoltages 20
Annex C (informative) Dielectric strength of air 24
Annex D (informative) Gap factor k_g 26
Annex E (informative) Allowing for atmospheric conditions 28
Annex F (informative) Influence of floating conductive objects on the dielectric strength 32
Annex G (informative) Live working near contaminated, damaged or moist insulation 40
Bibliography 45

Figure 1 – Illustration of two floating conductive objects of different dimensions and at different distances from the axis of the gap 13
Figure 2 – Typical live working tasks 15
Figure B.1 – Ranges of u_{e2} at the open ended line due to closing and reclosing according to the type of network (meshed or antenna) with and without closing resistors and shunt reactors 22
Figure F.1 – Influence of the length of the floating conductive objects – phase to earth rod-rod configuration – 250 μs /2 500 μs impulse 35
Figure F.2 – Influence of the length of the floating conductive objects – phase to phase conductor-conductor configuration – 250 μs /2 500 μs impulse 36
Figure F.3 – Reduction of the dielectric strength as a function of the length D for constant values of β – Phase to earth rod-rod configuration 37
Figure F.4 – Reduction of the dielectric strength as a function of the length P for constant values of β – Phase to phase conductor-conductor configuration 37
Figure G.1 – Strength of composite insulators affected by simulated conductive and semi-conductive defects 43

Table 1 – Average k_a values 12
Table 2 – Floating conductive object factor k_f 14
Table B.1 – Classification of overvoltages according to IEC 60071-1 20

Table D.1 – Gap factors for some actual phase to earth configurations 27
Table E.1 – Atmospheric factor k_a for different reference altitudes and values of U_{90} 30
Table G.1 – Example of maximum number of damaged insulators calculation (gap factor 1,4) 41
Table G.2 – Example of maximum number of damaged insulators calculation (gap factor 1,2) 42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIVE WORKING – MINIMUM APPROACH DISTANCES FOR A.C. SYSTEMS IN THE VOLTAGE RANGE 72,5 kV TO 800 kV – A METHOD OF CALCULATION

FOREWORD

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

International Standard IEC 61472 has been prepared by technical committee 78: Live working.

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 61472 published in 2004. It constitutes a technical revision.

This document has been prepared according to the requirements of IEC 61477: *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*, where applicable.

Significant changes with regard to the second edition are the following:

– clarification of the scope;
– review of the definitions;
– clarification of the methodology of determining whether live working is permissible and the calculation of the minimum approach distances;

– modification of the basic equation for calculation of the minimum approach distance;
– introduction of Table 1 for altitude correction factor simplification k_a;
– introduction of criteria in presence of composite insulator and clarification on the use of insulator factor k_i;
– review of the informative Annex F on the influence of floating conductive objects on the dielectric strength;
– review of the informative Annex G on live working near contaminated, damaged or moist insulation.

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

FDIS	Report on voting
78/1004/FDIS	78/1010/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

LIVE WORKING – MINIMUM APPROACH DISTANCES FOR A.C. SYSTEMS IN THE VOLTAGE RANGE 72,5 kV TO 800 kV – A METHOD OF CALCULATION

1 Scope

This International Standard describes a method for calculating the minimum approach distances for live working, at maximum voltages between 72,5 kV and 800 kV. This standard addresses system overvoltages and the working air distances or tool insulation between parts and/or workers at different electric potentials.

The required withstand voltage and minimum approach distances calculated by the method described in this standard are evaluated taking into consideration the following:

– workers are trained for, and skilled in, working in the live working zone;
– the anticipated overvoltages do not exceed the value selected for the determination of the required minimum approach distance;
– transient overvoltages are the determining overvoltages;
– tool insulation has no continuous film of moisture or measurable contamination present on the surface;
– no lightning is seen or heard within 10 km of the work site;
– allowance is made for the effect of conducting components of tools;
– the effect of altitude, insulators in the gap, etc, on the electric strength is taken into consideration.

For conditions other than the above, the evaluation of the minimum approach distances may require specific data, derived by other calculation or obtained from additional laboratory investigations on the actual situation.

2 Terms, definitions and symbols

For the purpose of this document, the following terms, definitions and symbols apply.

2.1 Terms and definitions

2.1.1
damaged insulator
insulator having any type of manufacturing defect or in-service deterioration which affects its insulating performance

2.1.2
electrical distance
D_U
distance in air required to prevent a disruptive discharge between energized parts or between energized parts and earthed parts during live working

[SOURCE: IEC 60050-651:–, 651-21-12]

2.1.3
ergonomic distance
ergonomic component of distance
D_E
distance in air added to the electrical distance, to take into account inadvertent movement and errors in judgement of distances while performing work

[SOURCE: IEC 60050-651:–, 651-21-13]

2.1.4
fifty per cent disruptive discharge voltage
U_{50}
peak value of an impulse test voltage having a fifty per cent probability of initiating a disruptive discharge each time the dielectric testing is performed

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-43]

2.1.5
highest voltage of a system
U_s
highest value of operating voltage which occurs under normal operating conditions at any time and any point in the system (phase to phase voltage)

Note 1 to entry: Transient overvoltages due e.g. to switching operations and abnormal temporary variations of voltage are not taken into account.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-23, modified – A reference to phase to phase voltage has been added.]

2.1.6
minimum approach distance
minimum working distance
D_A
minimum distance in air to be maintained between any part of the body of a worker, including any object (except tools appropriate for live working) being handled directly, and any part(s) at different electric potential(s)

Note 1 to entry: The minimum approach distance is the sum of the electrical distance appropriate for the maximum nominal voltage and of the selected ergonomic distance.

[SOURCE: IEC 60050-651:–, 651-21-11]

2.1.7
minimum residual insulation length
D_{Lins}
insulation length required to prevent a disruptive discharge between energized parts and earthed parts measured along the insulator length, taking into account the presence of floating conductive objects and of damaged insulator portions

2.1.8
ninety per cent statistical impulse withstand voltage
U_{90}
peak value of an impulse test voltage at which insulation exhibits, under specified conditions, a ninety per cent probability of withstand

Note 1 to entry: This concept is applicable to self-restoring insulation.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-42, modified – The definition has been changed to refer specifically to a ninety per cent probability of withstand.]

2.1.9
part
any element present in the work location, other than workers, live working tools and system insulation

2.1.10
per unit value
u
expression of the per unit value of the amplitude of an overvoltage (or of a voltage) referred to $U_s \sqrt{2} / \sqrt{3}$

Note 1 to entry: This applies to u_{e2} and u_{p2} defined in Clause 4.

2.1.11
transient overvoltage
short duration overvoltage of few milliseconds or less, oscillatory or non-oscillatory, usually highly damped

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-13, modified – The two notes in the original definition have been deleted.]

2.1.12
two per cent statistical overvoltage
U_2
peak value of a transient overvoltage having a 2 per cent statistical probability of being exceeded

2.1.13
work location
any site, place or area where a work activity is to be, is being, or has been carried out

[SOURCE: IEC 60050-651:–, 651-26-03]

2.2 Symbols used in the normative part of the document

A_d	length of damaged insulator or number of damaged units in an insulator of length A_o, not shunted by long arcing horn or grading ring
A_o	length of undamaged insulator or number of undamaged insulator units not shunted by long arcing horn or grading ring
β	ratio of the total length in the direction of the gap axis of the floating conductive objects (s) to the original air gap length
D	length of the remaining air gap phase to earth
D_A	minimum approach distance
D_E	ergonomic distance
D_U	electrical distance necessary to obtain U_{90}
D_{Lins}	minimum residual insulation length
d_1, d_2, d_3, d_4	distances between the worker(s) and parts of the installation at different electric potentials (see Figure 2)
F	sum of all lengths, in the direction of the gap axis, of all floating conductive objects in the air gap (in metres)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 48
1 Domaine d'application 50
2 Termes, définitions et symboles 50
2.1 Termes et définitions 50
2.2 Symboles utilisés dans la partie normative du document 52
3 Méthodologie 53
4 Facteurs intervenant dans les calculs 54
4.1 Surtension statistique 54
4.2 Tenue de l'intervalle 54
4.3 Calcul de la distance électrique D_U 55
4.3.1 Equation générale 55
4.3.2 Facteurs influençant la tenue de l'intervalle 55
5 Evaluation des risques 60
6 Calcul de la distance minimale d'approche D_A 61
Annexe A (informative) Distance ergonomique 63
Annexe B (informative) Surtensions 65
Annexe C (informative) Tenue diélectrique de l'air 69
Annexe D (informative) Facteur d'intervalle k_g 71
Annexe E (informative) Prise en compte des conditions atmosphériques 73
Annexe F (informative) Effet des objets conducteurs à potentiel flottant sur la tenue diélectrique 77
Annexe G (informative) Travaux sous tension près des isolations polluées, détériorées ou humides 85
Bibliographie 90

Figure 1 – Illustration de deux objets conducteurs à potentiel flottant de différentes dimensions et à des distances différentes de l'axe de l'intervalle 57
Figure 2 – Tâches types de travail sous tension 59
Figure B.1 – Plages de u_{e2} en bout de ligne ouverte due à la fermeture et au réenclenchement conformément au type de réseau (maillé ou antenne) avec et sans résistances de fermeture et inductances shunt 67
Figure F.1 – Influence de la longueur des objets conducteurs à potentiel flottant – configuration tige-tige entre phase et terre – impulsion de 250 μs /2 500 μs 80
Figure F.2 – Influence de la longueur des objets conducteurs à potentiel flottant – configuration conducteur-conducteur entre phases – impulsion de 250 μs /2 500 μs 81
Figure F.3 – Réduction de la tenue diélectrique en fonction de la longueur D pour une valeur constante de β – Configuration tige-tige entre phase et terre 82
Figure F.4 – Réduction de la tenue diélectrique en fonction de la longueur P pour une valeur constante de β – Configuration conducteur-conducteur entre phases 82
Figure G.1 – Tenue des isolateurs composites affectés par des défauts conducteurs et semi-conducteurs simulés 88

Tableau 1 – Valeurs moyennes de k_a 56
Tableau 2 – Facteur d'objet conducteur à potentiel flottant k_f 58
Tableau B.1 – Classification des surtensions conformément à la CEI 60071-1 65

Tableau D.1 – Facteurs d'intervalle pour des configurations entre phase et terre réelles 72
Tableau E.1 – Facteur atmosphérique k_a pour différentes altitudes de référence et valeurs de U_{90} 75
Tableau G.1 – Exemple de calcul du nombre maximal d'isolateurs détériorés (facteur d'intervalle 1,4) 86
Tableau G.2 – Exemple de calcul du nombre maximal d'isolateurs détériorés (facteur d'intervalle 1,2) 87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – DISTANCES MINIMALES D'APPROCHE POUR DES RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION COMPRISE ENTRE 72,5 kV ET 800 kV – UNE MÉTHODE DE CALCUL

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61472 a été établie par le comité d'études 78 de la CEI: Travaux sous tension.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition de la CEI 61472, publiée en 2004. Elle constitue une révision technique.

Ce document a été rédigé en conformité avec les exigences de la CEI 61477: *Travaux sous tension – Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements,* lorsque cela s'applique.

Les modifications techniques majeures par rapport à la deuxième édition sont les suivantes:

– la clarification du domaine d'application;

– la revue des définitions;
– la clarification de la méthodologie pour déterminer si le travail sous tension est acceptable et pour calculer les distances minimales d'approche;
– la modification de l'équation de base pour calculer la distance minimale d'approche;
– l'introduction du Tableau 1 pour une simplification du facteur de correction en fonction de l'altitude k_a;
– l'introduction de critères dans les cas de présence d'isolateur composite et la clarification de l'usage du facteur d'isolateur k_i;
– la revue de l'Annexe informative F sur l'influence des objets conducteurs à potentiel flottant sur la tenue diélectrique;
– la revue de l'Annexe informative G sur le travail sous tension près d'une isolation polluée, détériorée ou humide.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1004/FDIS	78/1010/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de 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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

TRAVAUX SOUS TENSION – DISTANCES MINIMALES D'APPROCHE POUR DES RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION COMPRISE ENTRE 72,5 kV ET 800 kV – UNE MÉTHODE DE CALCUL

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale décrit une méthode de calcul des distances minimales d'approche pour des travaux sous tension réalisés à des tensions maximales comprises entre 72,5 kV et 800 kV. La présente norme traite des surtensions de réseau et des distances de travail dans l'air ou de l'isolation des outils entre des pièces et/ou des travailleurs à des potentiels électriques différents.

La tension de tenue requise et les distances minimales d'approche calculées suivant la méthode décrite dans la présente norme sont évaluées en prenant en compte ce qui suit:

– les travailleurs sont formés et qualifiés pour travailler dans la zone de travail sous tension;
– les surtensions attendues ne dépassent pas la valeur choisie pour la détermination de la distance minimale d'approche requise;
– les surtensions transitoires sont les surtensions déterminantes;
– l'isolation des outils ne présente pas sur la surface un film continu d'humidité ou un niveau de pollution mesurable;
– aucun éclair n'est vu ni entendu à moins de 10 km du lieu de travail;
– l'influence des parties conductrices des outils est prise en compte;
– l'effet de l'altitude, de la présence d'isolateurs dans l'intervalle, etc. sur la tenue électrique est pris en compte.

Pour des conditions autres que celles ci-dessus, l'évaluation des distances minimales d'approche peut exiger des données spécifiques, provenant d'autres calculs ou obtenues à partir d'études additionnelles en laboratoire sur la situation concrète.

2 Termes, définitions et symboles

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

2.1 Termes et définitions

2.1.1
isolateur détérioré
isolateur avec tout type de défaut de fabrication ou de détérioration en service qui affecte ses caractéristiques isolantes

2.1.2
distance électrique
D_U
distance dans l'air requise pour empêcher une décharge disruptive entre les parties sous tension ou entre les parties sous tension et les parties à la terre pendant le travail sous tension

[SOURCE: CEI 60050-651:–, 651-21-12]

2.1.3
distance ergonomique
D_E
distance dans l'air, ajoutée à la distance électrique, tenant compte des mouvements involontaires et des erreurs de jugement des distances pendant l'exécution du travail

[SOURCE: CEI 60050-651:–, 651-21-13]

2.1.4
tension de cinquante pour cent de décharge disruptive
U_{50}
valeur de crête d'une tension de choc qui a une probabilité de cinquante pour cent de provoquer une décharge disruptive chaque fois qu'elle est appliquée lors d'essais diélectriques

[SOURCE: CEI 60050-604:1987, 604-03-43]

2.1.5
tension la plus élevée d'un réseau
U_s
valeur la plus élevée de la tension de service qui se présente à un instant et en un point quelconque du réseau dans des conditions d'exploitation normales (tension entre phases)

Note 1 à l'article: Ces valeurs ne tiennent pas compte des variations transitoires, par exemple dues aux manoeuvres dans le réseau, ni des variations temporaires accidentelles de la tension.

[SOURCE: CEI 60050-601:1985, 601-01-23, modifiée – Une référence à la tension entre phases a été ajoutée.]

2.1.6
distance minimale d'approche
distance minimale de travail
D_A
distance minimale dans l'air à maintenir entre le corps du travailleur, y compris tout objet (à l'exception des outils appropriés aux travaux sous tension) qu'il manipule, et toute partie portée à des potentiels électriques différents

Note 1 à l'article: La distance minimale d'approche est la somme de la distance électrique appropriée à la tension nominale maximale et de la distance ergonomique sélectionnée.

[SOURCE: CEI 60050-651:–, 651-21-11]

2.1.7
longueur résiduelle minimale d'isolation
D_{Lins}
longueur d'isolation requise pour empêcher une décharge disruptive entre des pièces sous tension et des pièces à la terre, mesurée le long de l'isolateur, en prenant en compte la présence d'objets conducteurs à potentiel flottant et de segments d'isolateur détérioré

2.1.8
tension à quatre vingt dix pour cent de tenue statistique aux chocs
U_{90}
valeur de crête d'une tension de choc appliquée au cours d'essais diélectriques pour laquelle l'isolation présente, dans certaines conditions, une probabilité de tenue de quatre vingt dix pour cent

Note 1 à l'article: Ce concept s'applique aux isolations autorégénératrices.

[SOURCE: CEI 60050-604:1987, 604-03-42, modifiée – La définition a été modifiée pour se référer spécifiquement à une probabilité de tenue de quatre vingt dix pour cent.]

2.1.9
partie
tout élément présent dans la zone de travail, autre que les travailleurs, les outils pour travaux sous tension et l'isolation du réseau

2.1.10
valeur par unité
u
expression de la valeur par unité de l'amplitude d'une surtension (ou d'une tension) rapportée à $U_s \sqrt{2} / \sqrt{3}$

Note 1 à l'article: Cela s'applique à u_{e2} et u_{p2} définies à l'Article 4.

2.1.11
surtension transitoire
surtension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes, oscillatoire ou non, généralement fortement amortie

[SOURCE: CEI 60050-604:1987, 604-03-13, modifiée – Les deux notes de la définition originale ont été supprimées.]

2.1.12
surtension statistique à deux pour cent
U_2
valeur de crête d'une surtension transitoire ayant une probabilité de deux pour cent d'être dépassée

2.1.13
zone de travail
tout local, emplacement ou zone où des travaux vont être, sont, ou ont été réalisés

[SOURCE: CEI 60050-651:–, 651-26-03]

2.2 Symboles utilisés dans la partie normative du document

A_d longueur d'isolateur détérioré ou le nombre d'éléments d'isolateurs détériorés dans une chaîne de A_o éléments ou une longueur d'isolateur A_o qui ne sont pas shuntés par des cornes d'amorçage longues ou des anneaux de répartition

A_o longueur d'isolateur en bon état ou le nombre d'éléments d'isolateurs en bon état qui ne sont pas shuntés par des cornes d'amorçage longues ou des anneaux de répartition

β rapport de la longueur totale de l'objet ou des objets conducteur(s) à potentiel flottant dans la direction de l'axe de l'intervalle par rapport à la longueur de l'intervalle d'air d'origine

D longueur de l'intervalle d'air restant entre phase et terre

D_A distance minimale d'approche

D_E distance ergonomique

D_U distance électrique nécessaire pour obtenir U_{90}

D_{Lins} longueur résiduelle minimale d'isolation

d_1, d_2, distances entre le ou les travailleurs et des parties de l'installation à des potentiels