

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-30-2

Première édition
First edition
2007-01

Atmosphères explosives –

Partie 30-2:

**Traçage par résistance électrique –
Guide d'application pour la conception,
l'installation et la maintenance**

Explosive atmospheres –

Part 30-2:

**Electrical resistance trace heating –
Application guide for design, installation
and maintenance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60079-30-2:2007

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-30-2

Première édition
First edition
2007-01

Atmosphères explosives –

Partie 30-2:

**Traçage par résistance électrique –
Guide d'application pour la conception,
l'installation et la maintenance**

Explosive atmospheres –

Part 30-2:

**Electrical resistance trace heating –
Application guide for design, installation
and maintenance**

© IEC 2007 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

XA

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	12
4 Considérations relatives à l'application	12
4.1 Généralités	12
4.2 Zones corrosives	12
4.3 Précision de la température du processus	14
4.4 Considérations sur l'installation	14
5 Isolation thermique	16
5.1 Généralités	16
5.2 Sélection du matériau isolant	16
5.3 Sélection de la protection contre les intempéries (revêtement)	18
5.4 Sélection économique de l'épaisseur	22
5.5 Double isolation	22
6 Conception du système	26
6.1 Introduction	26
6.2 Objet et exigence dominante du traçage	26
6.3 Calculs de perte de chaleur	26
6.4 Considérations relatives au réchauffage	30
6.5 Facteur de sécurité théorique de la perte thermique	32
6.6 Sélection de la résistance de traçage	32
6.7 Détermination de la température maximale	40
6.8 Information concernant la conception	46
6.9 Système d'alimentation	48
6.10 Démarrage aux températures ambiantes basses	50
6.11 Parcours long de résistance de traçage	50
6.12 Analyse du modèle de circulation	50
6.13 Technique de régulation de tronçon mort	54
6.14 Effet de cheminée	54
7 Régulation et surveillance	54
7.1 Généralités	54
7.2 Régulateurs mécaniques	54
7.3 Régulateurs électroniques	56
7.4 Aptitude de l'application	56
7.5 Emplacement des régulateurs	56
7.6 Emplacement des capteurs	56
7.7 Considérations relatives à l'alarme	58
8 Recommandations pour l'installation	62
8.1 Introduction	62
8.2 Travaux préparatoires	62
8.3 Installation des circuits de traçage par résistance	64

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	13
4 Application considerations.....	13
4.1 General.....	13
4.2 Corrosive areas.....	13
4.3 Process temperature accuracy	15
4.4 Installation considerations	15
5 Thermal insulation	17
5.1 General.....	17
5.2 Selection of insulating material.....	17
5.3 Selection of weather barrier (cladding)	19
5.4 Selection of economical thickness	21
5.5 Double insulation.....	23
6 System design.....	27
6.1 Introduction	27
6.2 Purpose of, and major requirement for, trace heating	27
6.3 Heat loss calculations.....	27
6.4 Heat-up considerations.....	31
6.5 Heat-loss design safety factor	33
6.6 Selection of trace heater	33
6.7 Maximum temperature determination.....	41
6.8 Design information	47
6.9 Power system.....	49
6.10 Start-up at low ambient temperatures	51
6.11 Long trace heater runs	51
6.12 Flow pattern analysis.....	51
6.13 Dead-leg control technique.....	55
6.14 Chimney effect.....	55
7 Control and monitoring	55
7.1 General.....	55
7.2 Mechanical controllers.....	55
7.3 Electronic controllers.....	57
7.4 Application suitability.....	57
7.5 Location of controllers	57
7.6 Location of sensors	57
7.7 Alarm considerations.....	59
8 Recommendations for installation	63
8.1 Introduction	63
8.2 Preparatory work.....	63
8.3 Installation of trace heating circuits	65

8.4	Installation de l'équipement de régulation et de surveillance	76
8.5	Installation du système d'isolation thermique (voir aussi l'article 5).....	86
8.6	Installation des câbles de distribution et coordination des circuits de branchement	90
8.7	Mise en service	92
9	Maintenance.....	94
9.1	Généralités.....	94
9.2	Localisation de défauts.....	94
9.3	Rectification de défauts	96
10	Réparations.....	96
10.1	Généralités.....	96
10.2	Praticabilité de réparation des résistances de traçage électrique.....	96
10.3	Techniques de réparation pour les résistances de traçage électriques	98
10.4	Mise à la terre	98
10.5	Essais	98
	Figure 1 – Isolation thermique – Installation de la protection contre les intempéries.....	20
	Figure 2 – Profil type de température.....	24
	Figure 3 – Conditions d'équilibre pour la maintenance de l'objet.....	36
	Figure 4 – Conditions d'équilibre de l'évaluation des limites supérieures	38
	Figure 5 – Exemple de réservoir chauffé.....	52
	Figure 6 – Exemple de dérivation.....	52
	Figure 7 – Installation typique de capteur de commande et capteur pour commande de limitation de la température.....	80
	Figure 8 – Capteur de dispositif de limitation à la surface de la résistance de traçage	82
	Figure 9 – Capteur du dispositif de limitation comme point chaud artificiel	84
	Tableau 1 – Types de processus	14
	Tableau 2 – Contrôles de pré-installation.....	66
	Tableau 3 – Exemples de vérifications pré-opérationnelles et enregistrement pour les installations de réchauffage	100
	Tableau 4 – Exemple d'enregistrement pour la mise en service des installations de réchauffage	102
	Tableau 5 – Exemple de programme de maintenance et livret d'enregistrement.....	104

8.4	Installation of control and monitoring equipment.....	77
8.5	Installation of thermal insulation system (see also Clause 5)	87
8.6	Installation of distribution wiring and coordination with branch circuits.....	91
8.7	Commissioning.....	93
9	Maintenance.....	95
9.1	General.....	95
9.2	Fault location	95
9.3	Fault rectification.....	97
10	Repairs	97
10.1	General.....	97
10.2	Practicability of repair to electric trace heaters	97
10.3	Repair techniques for electrical trace heaters.....	99
10.4	Earthing	99
10.5	Testing.....	99
Figure 1 – Thermal insulation – Weather-barrier installation.....		21
Figure 2 – Typical temperature profile.....		25
Figure 3 – Equilibrium conditions for workpiece maintenance.....		37
Figure 4 – Equilibrium conditions for upper limit evaluation.....		39
Figure 5 – Heated tank example		53
Figure 6 – Bypass example.....		53
Figure 7 – Typical installation of control sensor and sensor for temperature limiting control		81
Figure 8 – Limiting device sensor on surface of trace heater.....		83
Figure 9 – Limiting device sensor as artificial hot spot		85
Table 1 – Process types.....		15
Table 2 – Pre-installation checks		67
Table 3 – Example of pre-commissioning check and trace heater installation record.....		101
Table 4 – Example of trace heater commissioning record.....		103
Table 5 – Example of maintenance schedule and log record		105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60079-30-2 a été établie par le comité d'études 31 de la CEI: Matériels pour atmosphères explosives.

Cette édition annule et remplace la première édition de la CEI 62086-2 publiée en 2001 et constitue une révision technique.

Les révisions d'ordre général et la mise à jour de cette première édition de la CEI 60079-30-2 sont le résultat des commentaires reçus des comités nationaux.

Les principales différences techniques en dehors des révisions d'ordre général et de la mise à jour de l'ancienne édition de la CEI 62086-2 sont:

- a) des corrections;

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

**Part 30-2: Electrical resistance trace heating –
Application guide for design, installation and maintenance**

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 60079-30-2 has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

This edition cancels and replaces the first edition of IEC 62086-2 published in 2001 and constitutes a technical revision.

The general revisions and updating to produce the first edition of IEC 60079-30-2 are as a result of National comments received.

The main technical differences apart from the general revision and updating a former edition of IEC 62086-2, are as follows:

- a) corrections;

- b) une révision complète et des ajouts de recommandations pour la conception et l'installation.

La présente Partie 30-2 doit être utilisée conjointement avec la première édition de la CEI 60079-30-1:2006, *Atmosphères explosives – Partie 30-1: Traçage par résistance électrique – Exigences générales et d'essais*.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31/662/FDIS	31/672/RVD

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

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

La liste de toutes les parties de la CEI 60079, présentées sous le titre général *Atmosphères explosives*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

Withdrawing

b) extensive revision and additions for design and installation recommendations.

This Part 30-2 is to be used in conjunction with the first edition of IEC 60079-30-1:2006, *Explosive atmospheres – Part 30-1: Electrical resistance trace heating – General and testing requirements*.

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

FDIS	Report on voting
31/662/FDIS	31/672/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 list of all parts of IEC 60079 series, under the general title *Explosive atmospheres*, can be found on the IEC website.

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.

Withdrawal

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60079 fournit des lignes directrices pour l'application des systèmes de traçage par résistance électrique dans les emplacements où l'on peut rencontrer des atmosphères explosives, à l'exception de celles classées zone 0.

Elle fournit des recommandations pour la conception, l'installation et la maintenance du matériel de traçage et du matériel associé de commande et de surveillance. Elle ne couvre pas les dispositifs qui fonctionnent par chauffage par induction, chauffage à effet de peau ou chauffage par impédance, ni ceux destinés à la libération de contraintes.

La présente partie représente un complément des exigences spécifiées dans la CEI 60079-30-1.

2 Références normatives

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

CEI 60079-0:2004, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60079-1:2003, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 1: Enveloppes antidéflagrantes «d»*

CEI 60079-7:2001, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 7: Sécurité augmentée «e»*

CEI 60079-10:2002, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 10: Classement des emplacements dangereux*

CEI 60079-14:1996, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 14: Installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines)*

CEI 60079-17:1996, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 17: Inspection et entretien des installations électriques dans les emplacements dangereux (autres que les mines)*

CEI 60079-30-1: 2006, *Atmosphères explosives – Partie 1: Traçage par résistance électrique – Exigences générales et d'essais*

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance

1 Scope

This part of IEC 60079 provides guidance for the application of electrical resistance trace heating systems in areas where explosive gas atmospheres may be present, with the exception of those classified as zone 0.

It provides recommendations for the design, installation, maintenance and repair of trace heating equipment and associated control and monitoring equipment. It does not cover devices that operate by induction heating, skin effect heating or direct pipeline heating, nor those intended for stress relieving.

This part supplements the requirements specified in IEC 60079-30-1.

2 Normative references

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

IEC 60079-0:2004, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-1:2003, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 1: Flameproof enclosures “d”*

IEC 60079-7:2001, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 7: Increased safety ‘e’*

IEC 60079-10:2002, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-14:1996, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 14: Electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

IEC 60079-17:1996, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 17: Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines)*

IEC 60079-30-1:2006, *Explosive atmospheres – Part 1: Electrical resistance trace heating – General and testing requirements*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions figurant dans la CEI 60079-0, dans la CEI 60079-1 et dans la CEI 60079-7 s'appliquent.

NOTE Des termes et définitions supplémentaires applicables aux atmosphères explosives se trouvent dans la CEI 60050 (426)¹.

4 Considérations relatives à l'application

4.1 Généralités

Cette norme constitue un complément pour les exigences de la CEI 60079-14 et de la CEI 60079-17.

Lorsque des systèmes de traçage doivent être installés dans des atmosphères explosives gazeuses, les classements des emplacements dangereux doivent être spécifiés avec précision (CEI 60079-10). La spécification doit indiquer la zone (1 ou 2), le groupe de gaz (IIA, IIB ou IIC) et la classification de températures conformément à la CEI 60079-0. Lorsque des considérations particulières s'appliquent ou lorsque des conditions de site peuvent être particulièrement onéreuses, ces conditions doivent être précisées dans la spécification de traçage.

Lorsque des systèmes de traçage sont prévus pour être installés sur des matériels mobiles ou des unités coulissantes interchangeables, il convient que la spécification relative à ces systèmes de traçage soit conçue pour s'adapter aux conditions les plus défavorables dans lesquelles on peut utiliser le système de traçage.

Lorsque toutes les parties du système de traçage sont susceptibles d'être exposées, il convient que ces parties soient adaptées à l'environnement.

4.2 Zones corrosives

Il convient d'examiner tous les composants des systèmes de traçage électrique pour vérifier qu'ils sont compatibles avec tous les matériaux corrosifs que l'on peut rencontrer au cours de la vie du système. Les systèmes de traçage fonctionnant dans des environnements corrosifs possèdent une aptitude supérieure vis-à-vis de la défaillance par rapport à celle des environnements non corrosifs. La détérioration du système d'isolation thermique est accentuée par la corrosion de la protection contre les intempéries et la possibilité de fuites de tuyau et de cuve mouillant l'isolation thermique. Il convient de prêter une attention particulière aux matériaux de systèmes de tuyauterie, ainsi qu'aux systèmes de traçage électrique, étant donné qu'ils sont liés au retour de défaut de fuite à la terre/courant de fuite. L'utilisation de systèmes de tuyauterie non métallique ou revêtue peut compliquer encore le retour de défaut de fuite à la terre/courant de fuite et il convient d'accorder une attention particulière à ces systèmes de tuyauterie. Les retours de défaut de fuite à la terre/courant de fuite qui sont établis au moment de l'installation peuvent subir une dégradation du fait de la corrosion au cours du fonctionnement de l'installation.

¹ CEI 60050-426, Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 426: Matériels électriques pour atmosphères explosives

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60079-0, IEC 60079-1 and IEC 60079-7 apply.

NOTE Additional terms and definitions applicable to explosive atmospheres can be found in IEC 60050 (426)¹.

4 Application considerations

4.1 General

This standard supplements the requirements of IEC 60079-14 and IEC 60079-17.

Where trace heating systems are to be installed in explosive gas atmospheres, full details of the hazardous area classification(s) (IEC 60079-10) shall be specified. The specification shall state the zone (1 or 2), gas group (IIA, IIB or IIC) and temperature classification in accordance with IEC 60079-0. Where special considerations apply or where site conditions may be especially onerous, these conditions shall be detailed in the trace heating specification.

Where trace heating systems are to be installed on mobile equipment or interchangeable skid units, the specification for these trace heating systems should accommodate the worst conditions in which the trace heating system may be used.

Where any parts of the trace heating system are likely to be exposed, those parts should be suitable for the environment.

4.2 Corrosive areas

All components of electric trace heating systems should be examined to verify that they are compatible with any corrosive materials that may be encountered during the lifetime of the system. Trace heating systems operating in corrosive environments have a higher potential for failure than in non-corrosive environments. Deterioration of the thermal insulation system is made worse by corrosion of the weather barrier and the possibility of pipeline and vessel leaks soaking the thermal insulation. Particular attention should be given to the materials of piping systems, as well as the electric trace heating systems, as related to the effective earth-leakage/ground-fault return path. The use of non-metallic or lined or coated piping systems may further complicate the earth-leakage/ground-fault return path and special consideration should be given to these piping systems. Earth-leakage/ground-fault return paths established at the time of installation may become degraded due to corrosion during the operation of the plant.

¹ IEC 60050-426, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Electrical apparatus for explosive atmospheres

4.3 Précision de la température du processus

4.3.1 Type I

Un processus de Type I correspond à celui pour lequel il convient que la température soit, de préférence, conservée au-dessus d'un point minimal. La commande de détection ambiante peut être acceptable. De grands éléments de puissance peuvent être commandés au moyen d'un dispositif de commande unique et d'un tableau de distribution électrique. Le débit calorifique peut être fourni inutilement à certains moments et il convient de tolérer de larges plages de températures de fonctionnement. Le rendement en énergie peut être amélioré par l'utilisation de techniques de commande de tronçon mort (voir 6.13).

4.3.2 Type II

Un processus de Type II correspond à celui dont il est recommandé que la température soit, de préférence, conservée à l'intérieur d'une plage modérée. La vérification par thermostats mécaniques de détection pour les tuyaux est adaptée.

4.3.3 Type III

Un processus de Type III correspond à celui dont il convient que la température soit, de préférence, contrôlée dans une plage étroite. Des dispositifs de régulation pour la détection sur le tuyau utilisant un thermocouple ou des ensembles de détecteurs de température résistifs (RTD) facilitent l'étalonnage sur site (site d'exploitation) et fournissent une flexibilité maximale dans la sélection des fonctions de surveillance et d'alarme pour la température. La capacité calorifique d'entrée peut être fournie pour chauffer ou élever la température du fluide, ou les deux, dans un intervalle de temps et une plage spécifiés. Les considérations de Type III nécessitent un respect strict vis-à-vis des configurations d'écoulement et des systèmes d'isolation thermique.

4.4 Considérations sur l'installation

Si la défaillance de n'importe quelle partie du système de traçage peut résulter en un problème de sécurité ou de procédé, alors le système de traçage peut être considéré comme un composant critique de tout le processus. Le contrôle de la température et les exigences de surveillance du circuit d'une application peuvent être définis d'après les types de contrôle de température décrits en 4.3, combinés à la criticité de surveillance du circuit comme décrit au Tableau 1.

Tableau 1 – Types de processus

La résistance de traçage est-elle un composant critique du processus ?	Précision souhaitée de contrôle de température du processus		
	Au-dessus d'un point minimal Type I	Dans une plage modérée Type II	Dans une plage étroite Type III
Oui = Critique (C-)	C – I	C – II	C – III
Non = Non critique (NC-)	NC – I	NC – II	NC – III

Lorsque la résistance de traçage est critique pour le processus, il convient de considérer la surveillance du circuit pour un fonctionnement correct, ainsi que des alarmes en cas de dysfonctionnement, et une résistance de traçage de secours (redondante). Les dispositifs de commande de traçage de rechange ou de secours peuvent être spécifiés pour être activés automatiquement dans l'éventualité d'un défaut étant annoncé par le système de surveillance/d'alarme. Cela est parfois désigné sous le nom de «redondance». Les résistances de traçage de secours peuvent permettre une maintenance ou des réparations à réaliser sans mise hors service du processus et peuvent être utilisées pour accroître la fiabilité.

4.3 Process temperature accuracy

4.3.1 Type I

A Type I process is one for which the temperature should be maintained above a minimum point. Ambient sensing control may be acceptable. Large blocks of power may be controlled by means of a single control device and an electrical distribution panel board. Heat input may be provided unnecessarily at times and wide temperature excursions should be tolerable. Energy efficiency may be improved through the use of dead-leg control techniques (see 6.13).

4.3.2 Type II

A Type II process is one for which the temperature should be maintained within a moderate band. Control by pipeline sensing mechanical thermostats is typical.

4.3.3 Type III

A Type III process is one for which the temperature should be controlled within a narrow band. Electronic pipe-sensing controllers using thermocouple or resistance-temperature detector (RTD) units facilitate field (work site) calibration and provide maximum flexibility in the selection of temperature alarm and monitoring functions. Heat input capability may be provided to preheat an empty pipe or raise the fluid temperature, or both, within a specified range and time interval. Type III systems require strict adherence to flow patterns and thermal insulation systems.

4.4 Installation considerations

If failure of any part of the trace heating system can result in a safety or process problem, then the trace heating system may be considered to be a critical component of the total process. The temperature control and circuit monitoring requirements of an application may be defined according to the temperature control types described in 4.3, together with the circuit monitoring criticality as described in Table 1.

Table 1 – Process types

Is trace heating a critical component of the process?	Desired accuracy of process temperature control		
	Above a minimum point Type I	Within a moderate band Type II	Within a narrow band Type III
Yes = Critical (C-)	C – I	C – II	C – III
No = Non-critical (NC-)	NC – I	NC – II	NC – III

When trace heating is critical to the process, circuit monitoring for correct operation, malfunction alarms, and back-up (redundant) trace heaters should be considered. Spare or back-up controllers can be specified to be automatically activated in the event of a fault being indicated by the monitoring/alarm system. This is sometimes known as "redundancy". Back-up trace heaters may allow maintenance or repairs to be performed without a process shutdown and may be used to enhance reliability.

5 Isolation thermique

5.1 Généralités

Il convient de considérer la sélection, l'installation et la maintenance de l'isolation thermique comme une composante majeure de l'aptitude à la fonction d'un système de traçage électrique. Le système d'isolation thermique est normalement conçu pour prévenir la majorité des pertes thermiques avec le système de traçage permettant une compensation pour le reste. De ce fait, les problèmes liés à l'isolation auront une influence directe sur l'aptitude à la fonction globale du système.

La fonction primaire de l'isolation thermique est de réduire le taux de transfert de chaleur d'une surface qui fonctionne à une température distincte de la température ambiante. Cette réduction de la perte d'énergie peut

- réduire les dépenses de fonctionnement;
- améliorer l'aptitude à la fonction du système;
- augmenter la capacité délivrée par le système.

Avant toute analyse de perte thermique pour un tuyau à traçage électrique, une cuve ou tout autre équipement mécanique, une étude de la sélection du système d'isolation est recommandée. Les domaines principaux à prendre en considération sont les suivants:

- sélection d'un matériau d'isolation;
- sélection d'une barrière d'étanchéité (gaine);
- sélection de l'épaisseur d'isolation économique;
- sélection de la dimension de l'isolation appropriée.

5.2 Sélection du matériau isolant

Les éléments suivants constituent des aspects importants à prendre en considération lors de la sélection du matériau d'isolation. Il convient de considérer ces facteurs et la sélection optimisée d'après les critères de l'opérateur :

- assignation de la température ;
- conductivité thermique, λ , de l'isolation;
- propriétés mécaniques;
- compatibilité chimique et résistance à la corrosion ;
- résistance à l'humidité;
- risques sanitaires pendant l'installation ;
- résistance au feu;
- propriétés toxicologiques en cas d'exposition au feu ;
- coûts.

Les matériaux d'isolation généralement disponibles comprennent:

- silice expansée;
- fibre minérale;
- verre cellulaire;
- uréthane;
- fibre de verre;
- silicate de calcium;
- polyisocyanurate;
- silicate de perlite.

5 Thermal insulation

5.1 General

The selection, installation and maintenance of thermal insulation should be considered a key component in the performance of an electrical trace heating system. The thermal insulation system is normally designed to prevent the majority of heat loss with the trace heating system compensating for the remainder. Therefore, problems with thermal insulation will have a direct impact on the overall system performance.

The primary function of thermal insulation is to reduce the rate of heat transfer from a surface that is operating at a temperature other than ambient. This reduction of energy loss may

- reduce operating expenses;
- improve system performance;
- increase system output capability.

Prior to any heat loss analysis for an electrically traced pipeline, vessel or other mechanical equipment, a review of the selection of the insulation system is recommended. The principal areas for consideration are as follows:

- selection of an insulation material;
- selection of a weather barrier (cladding);
- selection of the economic insulation thickness;
- selection of the proper insulation size.

5.2 Selection of insulating material

The following are important aspects to be considered when selecting an insulation material. These factors should be considered and the selection optimised according to the operator's criteria:

- temperature rating;
- thermal conductivity, λ , of the insulation;
- mechanical properties;
- chemical compatibility and corrosion resistance;
- moisture resistance;
- health risks during installation;
- fire resistance;
- toxicological properties when exposed to fire;
- costs.

Insulation materials commonly available include:

- expanded silica;
- mineral fibre;
- cellular glass;
- urethane;
- fibreglass;
- calcium silicate;
- polyisocyanurate;
- perlite silicate.

Concernant les isolants doux (fibre minérale, fibre de verre, etc.), l'isolation pour la taille réelle du tuyau peut être utilisée dans beaucoup de cas en cerclant étroitement l'isolation. Il convient de veiller à éviter que la résistance ne soit encastrée dans l'isolation, ce qui peut provoquer une détérioration de la résistance ou restreindre le transfert approprié de chaleur. En variante, l'isolation pour la taille de tuyau immédiatement supérieure qui peut aisément renfermer un tuyau et une résistance de traçage électrique est également acceptable. L'isolation rigide (silicate de calcium, silice expansé, verre cellulaire, etc.) peut être une isolation pour la taille du tuyau, si les sections du panneau sont découpées pour s'adapter au joint longitudinal. Ce type de technique d'installation est couramment désigné sous le nom d'installation de tronçon étendu. En variante, la taille pour l'isolation immédiatement supérieure peut être sélectionnée pour s'adapter à la résistance de traçage. Dans tous les cas, il convient que la taille de l'isolation et son épaisseur soient clairement spécifiées.

5.3 Sélection de la protection contre les intempéries (revêtement)

Le fonctionnement approprié d'un système de traçage électrique dépend de l'isolation sèche. Le traçage électrique possède un rendement de chaleur insuffisant pour sécher une isolation thermique humide. Certains matériaux d'isolation, même lorsqu'ils sont enlevés de la tuyauterie et soumis au séchage forcé, ne récupèrent jamais leurs caractéristiques initiales après avoir été humidifiés.

La tuyauterie droite peut être protégée contre les intempéries avec un revêtement de métal, polymère ou un système en mastic. Lorsque l'on utilise un chemisage de métal, il y a lieu qu'il soit de préférence lisse avec des joints longitudinaux en forme de «S» modifiés. Il convient que les joints d'extrémité circulaires soient étanchés avec des bandes de fermeture pourvues de produits d'étanchéité sur le bord extérieur ou aux endroits où il y a recouvrement (voir Figure 1).

Le revêtement qui est à recouvrement ou qui est fermé autrement sans produit d'étanchéité n'est pas efficace en tant que barrière face à l'humidité. Un joint unique non étanché peut entraîner la fuite d'une quantité considérable d'eau dans l'isolation au cours d'une tempête.

Il est recommandé que le type de protection utilisé contre les intempéries repose, de préférence, au minimum sur les considérations suivantes:

- l'efficacité d'exclusion de l'humidité;
- la nature corrosive des produits chimiques dans la zone;
- les exigences de protection contre l'incendie;
- la durabilité vis-à-vis des mauvais traitements mécaniques;
- le coût.

For soft insulants (mineral fibre, fibreglass, etc.), actual pipe size insulation may be used in many cases by banding the insulation tightly. Care should be taken to prevent the trace heater from being buried within the insulation, which may cause damage to the trace heater or may restrict proper heat transfer. As an alternative, the next largest pipe size insulation that can easily enclose pipe and electric trace heater is also acceptable. Rigid insulation (calcium silicate, expanded silica, cellular glass, etc.), may be pipe-size insulation if board sections are cut to fit the longitudinal joint. This type of installation technique is commonly referred to as an extended leg installation. Alternatively, the next largest insulation size may be selected to accommodate the trace heater. In all cases, the insulation size and thickness should be clearly specified.

5.3 Selection of weather barrier (cladding)

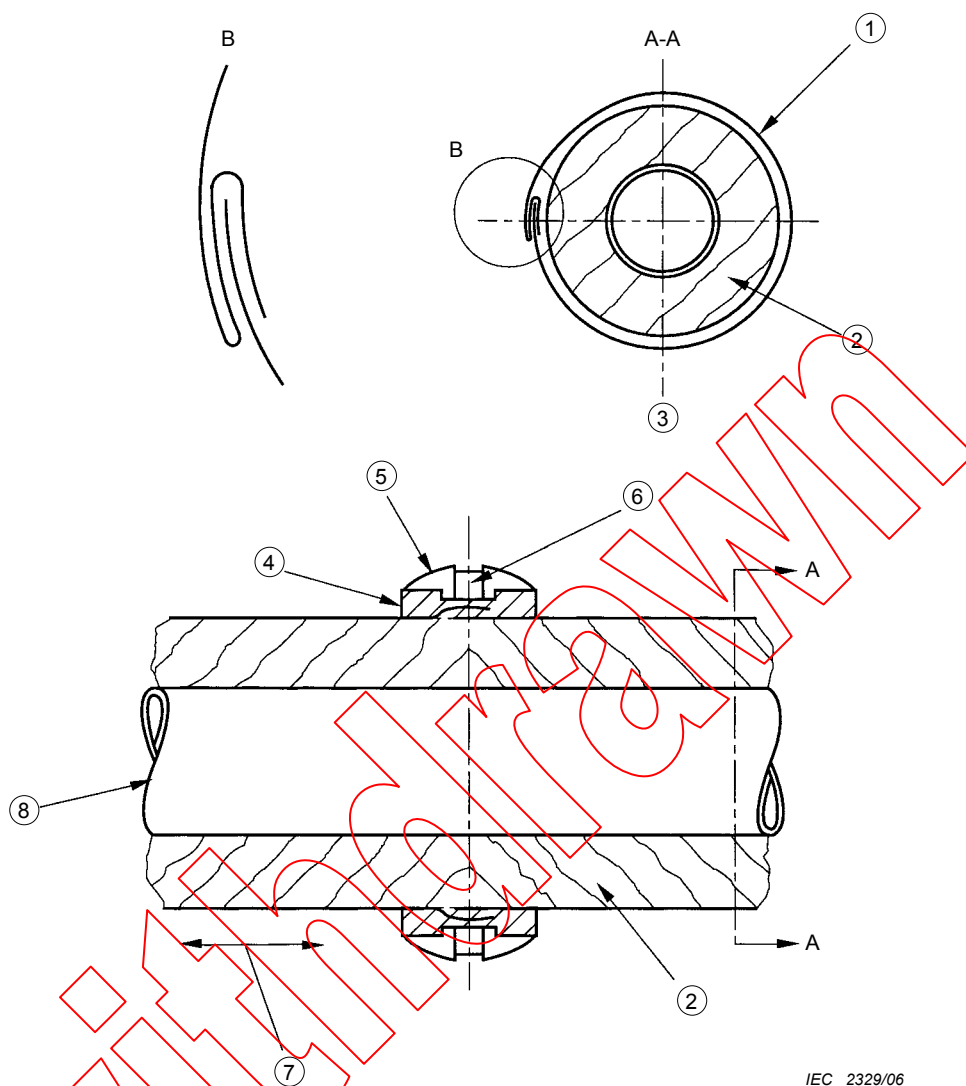
Proper operation of an electrically trace heated system depends upon the insulation being dry. Electric tracing normally has insufficient heat output to dry wet thermal insulation. Some insulation materials, even though removed from the piping and force dried, never regain their initial characteristics after once being wet.

Straight piping may be weather-protected with metal jacketing, polymeric, or a mastic system. When metal jacketing is used, it should be smooth with formed, modified “S” longitudinal joints. The circumferential end joints should be sealed with closure bands and supplied with sealant on the outer edge or where they overlap (see Figure 1).

Jacketing that is overlapped or otherwise closed without sealant is not effective as a barrier to moisture. A single, unsealed joint can allow a considerable amount of water to leak into the insulation during a rainstorm.

The type of weather barrier used should, as a minimum, be based on a consideration of the following:

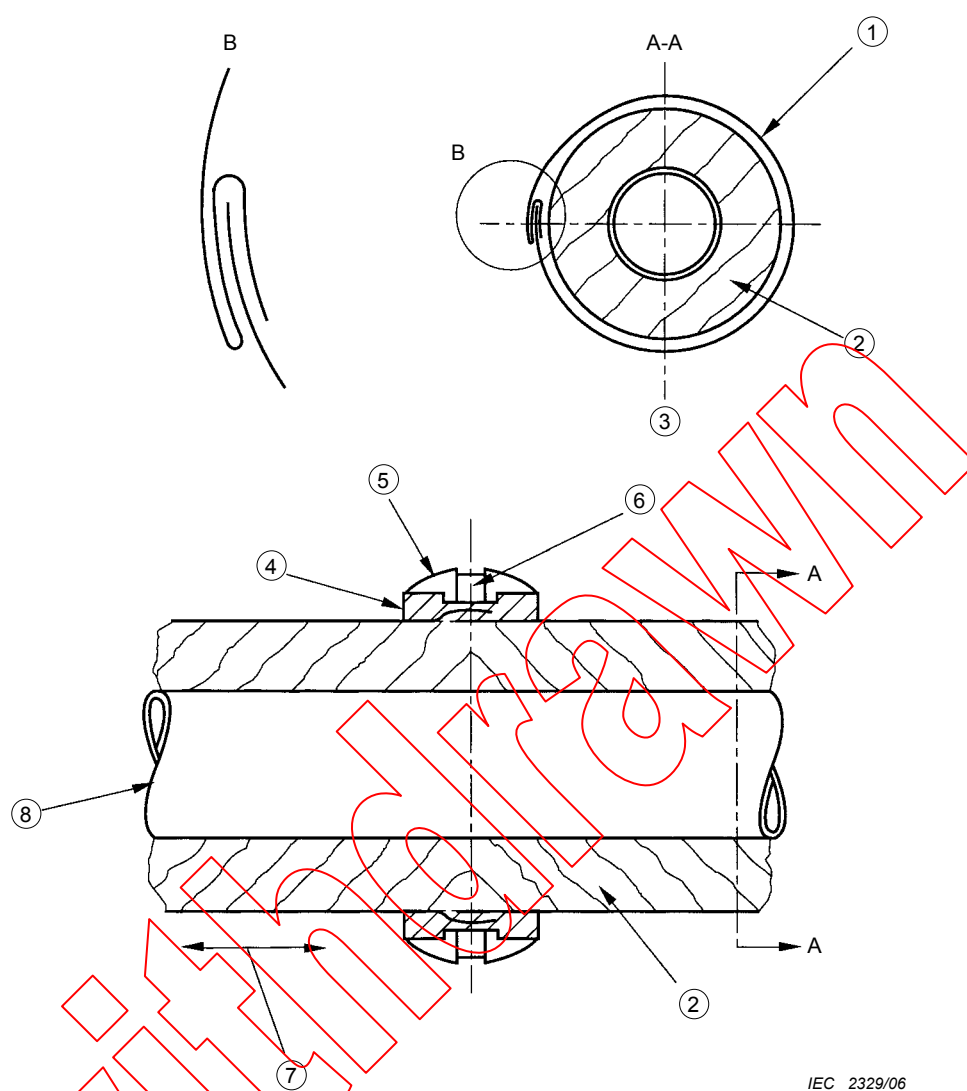
- effectiveness in excluding moisture;
- corrosive nature of chemicals in the area;
- fire protection requirements;
- durability to mechanical abuse;
- cost.



Légende

- | | |
|--|----------------------|
| 1 chemisage métallique | 5 bande de fermeture |
| 2 isolation | 6 bride d'isolation |
| 3 tuyau isolé à par chemisage métallique | 7 mouvement |
| 4 mastic d'étanchéité | 8 tuyau |

Figure 1 – Isolation thermique – Installation de la protection contre les intempéries

**Key**

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1 metal jacket | 5 closure band |
| 2 insulation | 6 insulated strap |
| 3 metal jacket insulated pipe | 7 movement |
| 4 mastic sealer | 8 pipe |

Figure 1 – Thermal insulation – Weather-barrier installation

5.4 Sélection économique de l'épaisseur

Au minimum, une étude économique de l'isolation évaluera les coûts initiaux des matériaux et de l'installation par rapport à l'énergie économisée pendant la vie de l'isolation. Il convient de noter que l'épaisseur de l'isolation réelle ne correspond pas toujours exactement à l'épaisseur de l'isolation nominale. Lors du choix de la taille de l'isolation, il convient d'examiner si l'isolation de la taille du tuyau est adaptée pour loger à la fois le tuyau et la résistance de traçage.

5.5 Double isolation

La technique de double isolation peut être employée lorsque la température du tuyau dépasse la température admissible maximale de la résistance de traçage. La prévention de la congélation du condensât dans des conduites de vapeur à haute température lorsque ces conduites ne sont pas utilisées constitue une application type. Elle consiste à placer la résistance de traçage entre deux couches d'isolation entourant le tuyau. Le principe de la technique de la double isolation est de déterminer la combinaison correcte du type d'isolation intérieure et extérieure et l'épaisseur qui aboutit à une température d'interface acceptable pour la résistance de traçage. La relation est illustrée à la Figure 2. Il est à noter que les conditions de température ambiante sont à prendre en compte dans cette détermination.

Withdrawal

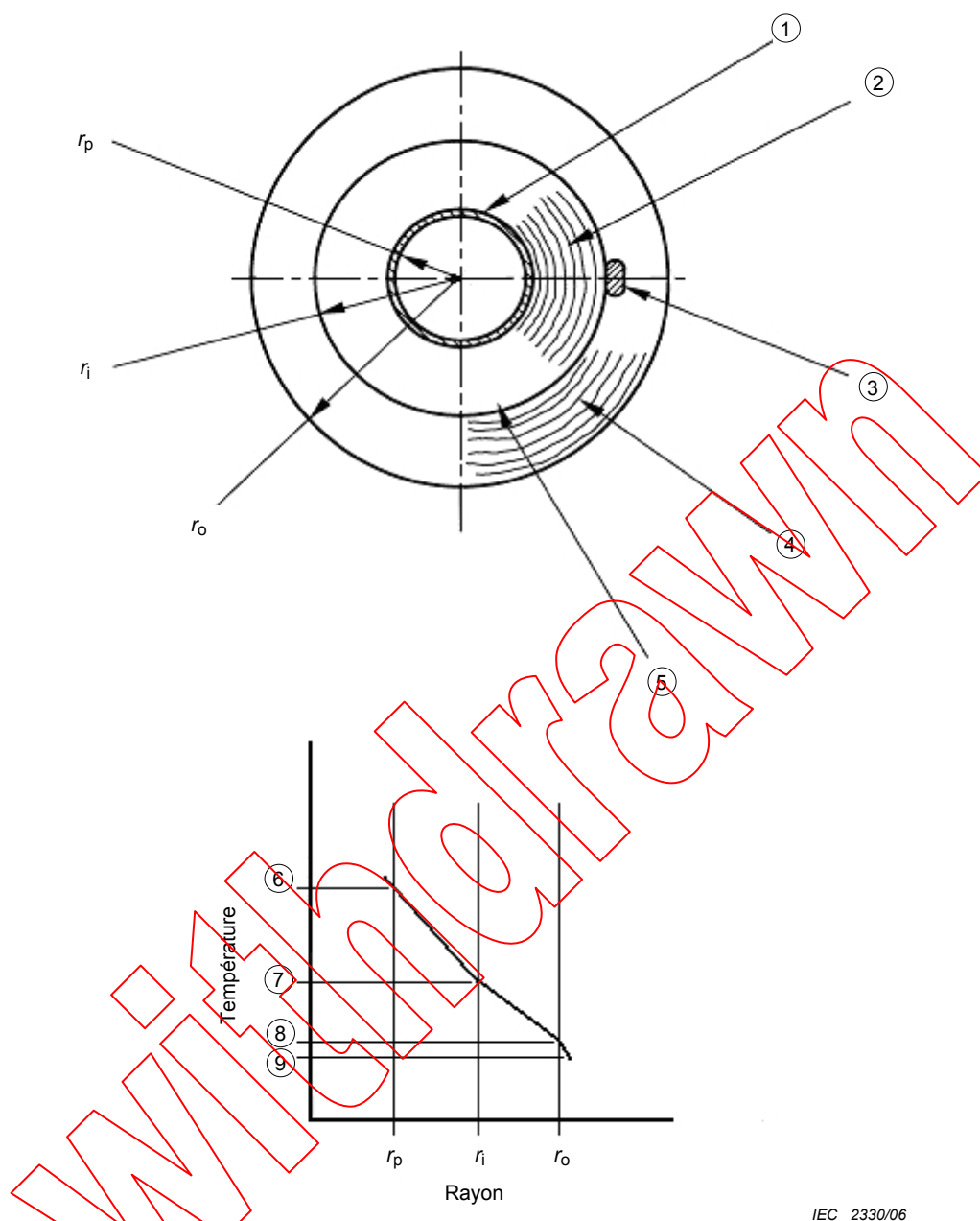
5.4 Selection of economical thickness

At a minimum, an economic consideration of the insulation will weigh the initial costs of the materials and installation against the energy saved over the life of the insulation. It should be noted that the actual insulation thicknesses do not always correspond exactly to the nominal insulation thickness. When choosing the insulation size, considerations should be made as to whether or not the actual pipe-size insulation is suitable for accommodating both pipe and trace heater.

5.5 Double insulation

The double insulation technique may be employed when the pipe temperature exceeds the maximum allowable temperature of the trace heater. Prevention of the freezing of condensate in high-temperature steam lines when these lines are not in use is a typical application. It consists of locating the trace heater between two layers of insulation surrounding the pipe. The essence of the double-insulation technique is to determine the correct combination of inner and outer insulation type and thickness that will result in an acceptable interface temperature for the trace heater. This relationship is illustrated in Figure 2. Note that maximum ambient temperature conditions should be considered in this determination.

Withdrawn

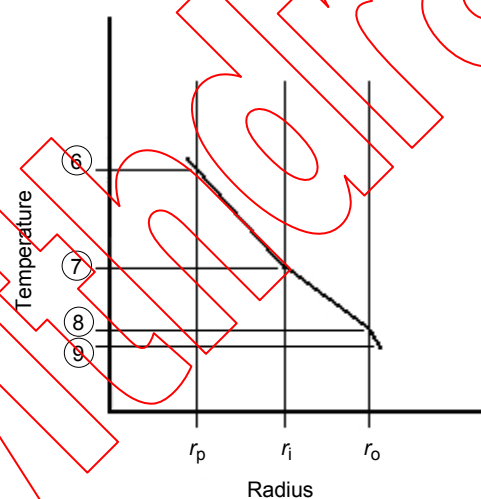
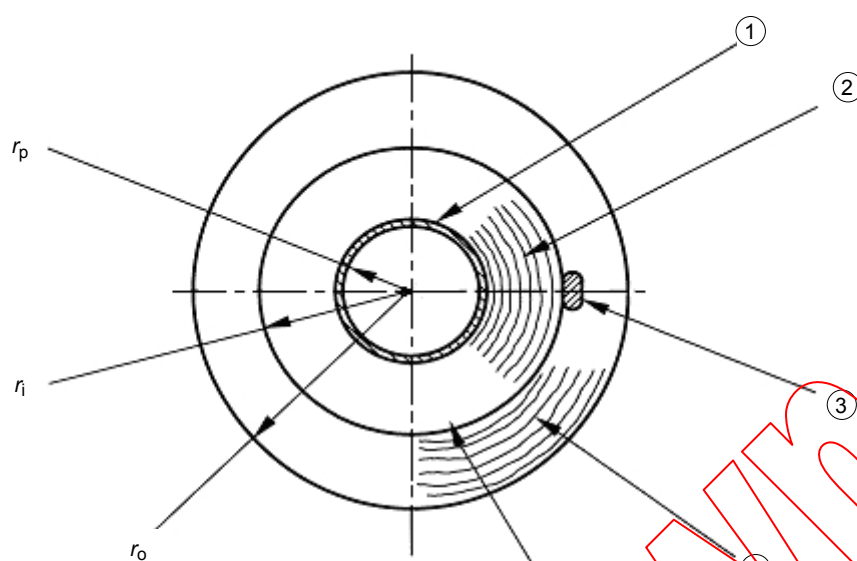


IEC 2330/06

Légende

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1 tuyau | 6 température maximale du tuyau |
| 2 couche d'isolation intérieure | 7 température de l'interface |
| 3 résistance de traçage | 8 température de surface de l'isolation extérieure |
| 4 couche d'isolation extérieure | 9 température ambiante |
| 5 feuille de métal (aluminium) | |

Figure 2 – Profil type de température



IEC 2330/06

Key

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 pipe | 6 maximum temperature pipe |
| 2 inner insulation layer | 7 interface temperature |
| 3 heat tracer | 8 outer insulation surface temperature |
| 4 outer insulation layer | 9 ambient temperature |
| 5 metal foil (aluminium) | |

Figure 2 – Typical temperature profile

6 Conception du système

6.1 Introduction

Chaque application de traçage par résistance impose des exigences uniques au concepteur afin d'atteindre la température désirée et de la conserver dans des conditions spécifiées. Les systèmes de traçage ont nécessairement une interface avec d'autres entités spécifiées de l'équipement, telles que l'isolation thermique et l'alimentation électrique disponible pour le système. Le système final représente une intégration de toutes les parties constitutives de sorte que les valeurs de ces entités d'interface soient connues et contrôlées afin de concevoir des systèmes qui fonctionnent selon les exigences.

La conception de tout système de traçage doit de préférence être conforme à toutes les exigences de la CEI pour utilisation du matériel électrique dans ces zones et avec les exigences de cette norme. Il convient de prendre en considération l'entretien des systèmes et l'équipement de processus pour le rendement en énergie, et pour les essais des systèmes installés afin d'obtenir une sécurité et un fonctionnement satisfaisants.

Lors de la conception des systèmes de traçage utilisés dans des atmosphères explosives gazeuses, des contraintes supplémentaires sont imposées du fait des exigences et du classement de la zone considérée.

Il convient que les personnes impliquées dans la conception et la planification des systèmes de traçage électrique soient correctement formées à toutes les techniques exigées.

6.2 Objet et exigence dominante du traçage

Il convient que les résistances de traçage soient sélectionnées et installées de manière à fournir une puissance suffisante pour:

- a) la compensation de la perte thermique lorsqu'on maintient une température spécifiée d'un objet à la température ambiante minimale spécifiée, voir méthode de calcul en 6.3, ou
- b) augmenter la température d'un objet, et son contenu quand cela est spécifié, dans une période de temps spécifiée, voir méthode de calcul en 6.4, ou
- c) une combinaison de a) et b).

Il convient alors de multiplier les besoins énergétiques du système par un facteur de sécurité comme déterminé sur la base de 6.5.

La sélection de la résistance de traçage doit considérer la détermination de la température maximale du système possible dans les pires conditions comme spécifié dans la CEI 60079-30-1. La température peut être réduite, par exemple, par des ajustements des paramètres du système, par l'utilisation de traceurs multiples pour réduire la puissance produite par longueur d'unité, ou par la sélection du système de contrôle de la température. L'excès de puissance installée par rapport à la puissance demandée, la façon dont sont appliquées, installées et exploitées les résistances de traçage ne doivent pas provoquer de risques inacceptables dans une atmosphère explosive gazeuse même après l'évaluation des conditions les plus défavorables.

6.3 Calculs de perte de chaleur

La perte thermique d'un objet peut être calculée sous une forme simplifiée:

$$q = k \Delta T \quad (1)$$

6 System design

6.1 Introduction

Each trace heating application imposes unique demands on the designer to achieve the desired temperature and maintain it within the specified conditions. Trace heating systems necessarily interface with other specified items of equipment such as thermal insulation and the electrical supply available to power the system. The final system will be an integration of all these component parts so the values of these interface items have to be known and controlled in order to design systems that will perform as required.

The design of any trace heating system shall conform to all IEC requirements for the use of electrical equipment and with the requirements of this standard. Consideration shall be given as to the maintenance of the systems and process equipment, to energy efficiency, and to testing the installed systems for operational satisfaction and safety.

When designing trace heating systems for use in explosive gas atmospheres, additional constraints are imposed due to the requirements and classification of the area under consideration.

Persons involved in the design and planning of electric trace heating systems should be suitably trained in all techniques required.

6.2 Purpose of, and major requirement for, trace heating

Trace heaters should be selected and installed so as to provide sufficient power for:

- a) compensation of heat loss when maintaining a specified temperature of a workpiece at the specified minimum ambient temperature; see calculation method in 6.3; or
- b) raising the temperature of a workpiece, and its contents when specified, within a specified time period; see calculation method in 6.4; or
- c) a combination of a) and b).

The system heat requirements should then be multiplied by a safety factor as determined on the basis of 6.5.

The trace heater selection shall consider the determination of the maximum possible system temperature under worst case conditions as specified in IEC 60079-30-1. The temperature may be reduced, for example, through adjustments to the system parameters, by the use of multiple tracers to reduce the power produced per unit length, or by the selection of the temperature control system. The excess of installed power over the power as required, and the way in which trace heaters are applied, installed and operated shall not be the cause, not even after evaluation of worst-case conditions, of any unacceptable risk in explosive gas atmospheres.

6.3 Heat loss calculations

The heat loss of a workpiece can be calculated in simplified form as:

$$q = k \Delta T \quad (1)$$

où

- q est la perte thermique par unité de longueur du tuyau, en watts par mètre (W/m);
- ΔT est la différence de température entre la température de maintenance souhaitée (T_p) et la température ambiante de conception minimale (T_a), en degrés Celsius (°C).
- k est la conductivité thermique du système qui dans un souci de simplification peut être considéré constant (W/m K).

Le facteur k est une fonction de l'épaisseur, de la taille, et du type de couche(s) d'isolation thermique(s), et les coefficients du film par convection du contenu de l'objet et de l'environnement extérieur. Le degré de précision du calcul dépend alors du degré de définition des paramètres du système.

Ces paramètres donnés, la perte thermique des tuyaux peut être déterminée à l'aide de calculs plus détaillés. L'équation donnée en (1) prend la forme suivante lorsque les paramètres de conduction sont pris en compte:

$$q = \frac{2\pi K (T_p - T_a)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \quad (2)$$

où

- q est la perte thermique par unité de longueur du tuyau, en watts par mètre (W/m);
- T_p est la température de maintien souhaitée, en degrés Celsius (°C);
- T_a est la température ambiante minimale théorique, en degrés Celsius (°C);
- D_1 est le diamètre intérieur de la couche d'isolation intérieure, en mètres (m);
- D_2 est le diamètre extérieur de la couche de l'isolation extérieure, en mètres (m);
- K est la conductivité thermique de la couche intérieure d'isolation évaluée à sa température moyenne (W/mK).

Une plus grande précision dans l'équation de perte thermique peut être obtenue en différenciant les caractéristiques des couches de différents systèmes et en incorporant les paramètres de convection, comme dans l'équation suivante:

$$q = \frac{(T_p - T_a)}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (3)$$

où

- D_2 est le diamètre extérieur de la couche d'isolation intérieure, en mètres (m), (diamètre intérieur de la couche d'isolation extérieure le cas échéant);
- D_3 est le diamètre extérieur de la couche d'isolation extérieure le cas échéant, en mètres (m);
- K_1 est la conductivité thermique de la couche intérieure d'isolation évaluée à sa température moyenne (W/m K);
- K_2 est la conductivité thermique de la couche extérieure d'isolation le cas échéant, évaluée à sa température moyenne (W/m K);
- h_i est le coefficient de contact de l'air intérieur depuis le tuyau jusqu'à la surface d'isolation intérieure le cas échéant (W/m² K);

where

- q is the heat loss per unit length of pipe, in watts per metre (W/m);
- ΔT is the difference in temperature between the desired maintenance temperature (T_p) and the minimum design ambient temperature (T_a), in degrees Celsius (°C);
- k is the thermal conductivity of the system that for the sake of simplification can be considered to be a constant (W/m K).

Factor k is a function of the thickness, size, and type of the thermal insulation layer(s), the mean temperature of the thermal insulation, and the convective film coefficients of the workpiece contents and the outside environment. The degree of accuracy of the calculation therefore depends on the degree of definition of the system parameters.

Given these parameters, the heat loss for pipes and tubes may be determined by using more detailed calculations. The equation given in (1) takes the following form when the conduction parameters are taken into account:

$$q = \frac{2\pi K (T_p - T_a)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \quad (2)$$

where

- q is the heat loss per unit length of pipe, in watts per metre (W/m);
- T_p is the desired maintenance temperature, in degrees Celsius (°C);
- T_a is the minimum design ambient temperature, in degrees Celsius (°C);
- D_1 is the inside diameter of the inner insulation layer, in metres (m);
- D_2 is the outside diameter of the outer insulation layer, in metres (m);
- K is the thermal conductivity of the inner layer of insulation evaluated at its mean temperature (W/m K).

Further accuracy in the heat loss equation can be obtained by differentiating the characteristics of the different system layers and by incorporating the convective parameters, as given in the following equation:

$$q = \frac{(T_p - T_a)}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (3)$$

where

- D_2 is the outside diameter of the inner insulation layer, in metres (m), (inside diameter of the outer insulation layer when present);
- D_3 is the outside diameter of the outer insulation layer when present, in metres (m);
- K_1 is the thermal conductivity of the inner layer of insulation evaluated at its mean temperature (W/m K);
- K_2 is the thermal conductivity of the outer layer of insulation, when present, evaluated at its mean temperature (W/m K);
- h_i is the inside air contact coefficient from the pipe to the inner insulation surface when present (W/m² K);

h_{co} est le coefficient de contact de l'air depuis la surface d'isolation extérieure jusqu'à la barrière d'étanchéité le cas échéant ($W/m^2 K$);

h_o est le coefficient du film d'air extérieur à partir de la barrière d'étanchéité jusqu'à l'environnement ambiant ($W/m^2 K$) (valeurs types pour cette gamme comprise entre 5 $W/m K$ et 50 $W/m K$ pour des applications à basses températures inférieures à 50 °C).

Les pertes thermiques de cuve nécessitent souvent une analyse plus complexe pour déterminer la perte de chaleur totale. Il convient de consulter le fournisseur de résistance de traçage.

Pour faciliter la sélection de produits, la plupart des fournisseurs de traçage fournissent des diagrammes et graphiques simples de pertes thermiques pour diverses températures et divers type et épaisseur de calorifuge, qui comprennent habituellement un facteur de sécurité.

6.4 Considérations relatives au réchauffage

Dans certaines exploitations d'installation, il peut être nécessaire de spécifier que le système de traçage est en mesure d'élever la température d'un produit statique dans une période de temps donnée. Par exemple, la prescription de fourniture de chaleur d'un système de traçage sur la tuyauterie peut être évaluée par l'utilisation de l'équation suivante:

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_f - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \quad (4)$$

où

U est la perte thermique par unité de longueur de tuyau par degré de différence de température.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi D_1 h_1} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln \left(\frac{D_3}{D_2} \right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (5)$$

H est la constante de temps thermique, qui est l'énergie totale stockée dans la masse du tuyau, le fluide et l'isolation par degré de température divisée par la perte de chaleur par unité de longueur par degré de différence de température

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0,5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \quad (6)$$

P_1 est la densité du produit dans le tuyau (kg/m^3);

C_{p1} est la chaleur spécifique du produit (J/kgK);

V_{c1} est le volume interne du tuyau (m^3/m);

P_2 est la densité du tuyau (kg/m^3);

C_{p2} est la chaleur spécifique du produit (J/kgK);

V_{c2} est le volume de la paroi du tuyau (m^3/m);

P_3 est la densité de l'isolation (kg/m^3);

C_{p3} est la chaleur spécifique du produit (J/kgK);

V_{c3} est le volume de la paroi de l'isolation (m^3/m);

T_i est la température initiale du tuyau, en degrés Celsius (°C);

T_f est la température finale du fluide et du tuyau, en degrés Celsius (°C);

h_{co} is the inside air contact coefficient from the outer insulation surface to the weather barrier when present ($W/m^2 K$);

h_o is the outside air film coefficient from the weather barrier to ambient ($W/m^2 K$) (typical values for this term range from 5 $W/m K$ to 50 $W/m K$ for low-temperature applications below 50 °C).

Vessel heat losses often require a more complex analysis to determine total heat loss. The trace heating supplier should be consulted.

For ease of product selection, trace heating suppliers will often furnish simple charts and graphs of heat losses for variously maintained temperatures and insulations, which usually include a safety factor.

6.4 Heat-up considerations

In certain plant operations, it may be necessary to specify that the trace heating system is capable of raising the temperature of a static product within a certain time period. The heat delivery requirement of a trace heated system on piping may be evaluated by use of the following equation:

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_f - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \quad (4)$$

where

U is the heat loss per unit length of pipe per degree of temperature difference.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln \left(\frac{D_3}{D_2} \right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (5)$$

H is the thermal time constant, which is the total energy stored in the mass of pipe, fluid, and insulation per degree of temperature divided by the heat loss per unit length per degree temperature differential.

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0,5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \quad (6)$$

P_1 is the density of the product in the pipe (kg/m^3);

C_{p1} is the specific heat of the product ($J/kg K$);

V_{c1} is the internal volume of the pipe (m^3/m);

P_2 is the density of the pipe (kg/m^3);

C_{p2} is the specific heat of the pipe ($J/kg K$);

V_{c2} is the pipe wall volume (m^3/m);

P_3 is the density of insulation (kg/m^3);

C_{p3} is the specific heat of the insulation ($J/kg K$);

V_{c3} is the insulation wall volume (m^3/m);

T_i is the initial temperature of the pipe, in degrees Celsius (°C);

T_f is the final temperature of the fluid and the pipe, in degrees Celsius (°C);