

**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.

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.

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)

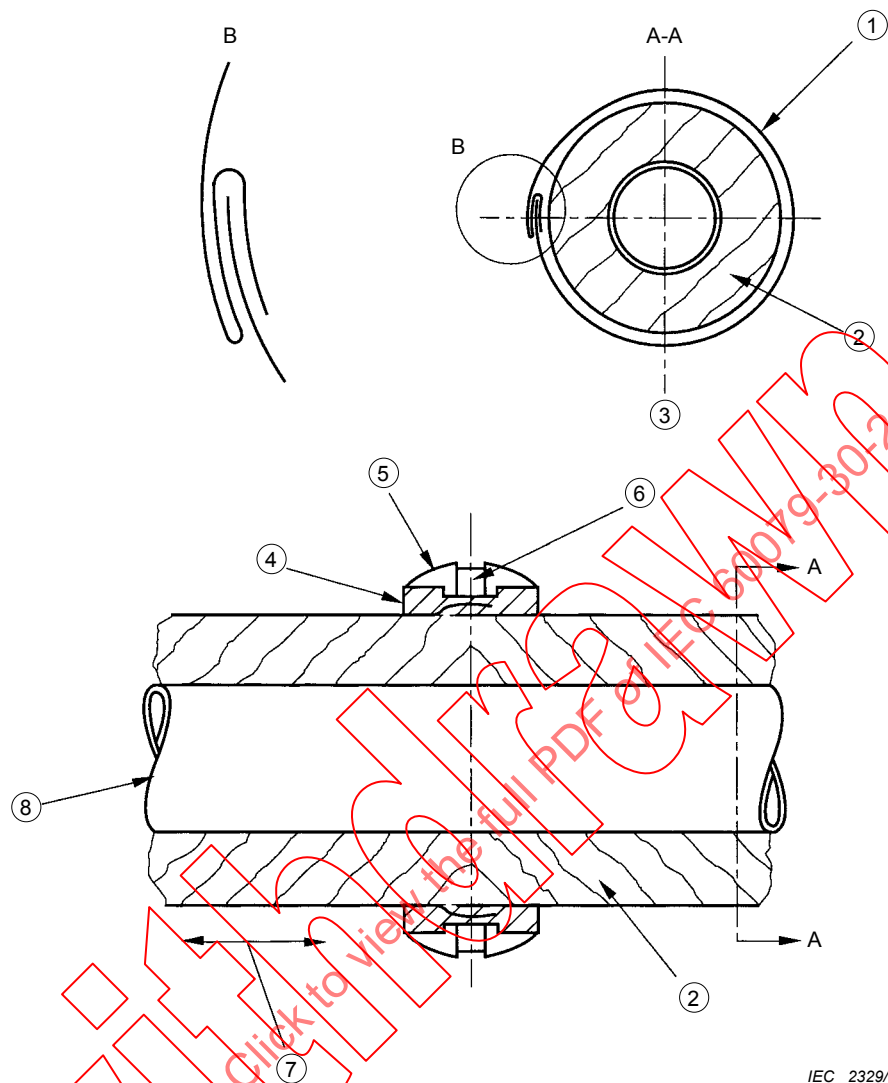
Proper operation of an electrically trace heated system depends upon the insulation being dry. Electric tracing normally has insufficient heat output to dry wet thermal insulation. Some insulation materials, even though removed from the piping and force dried, never regain their initial characteristics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

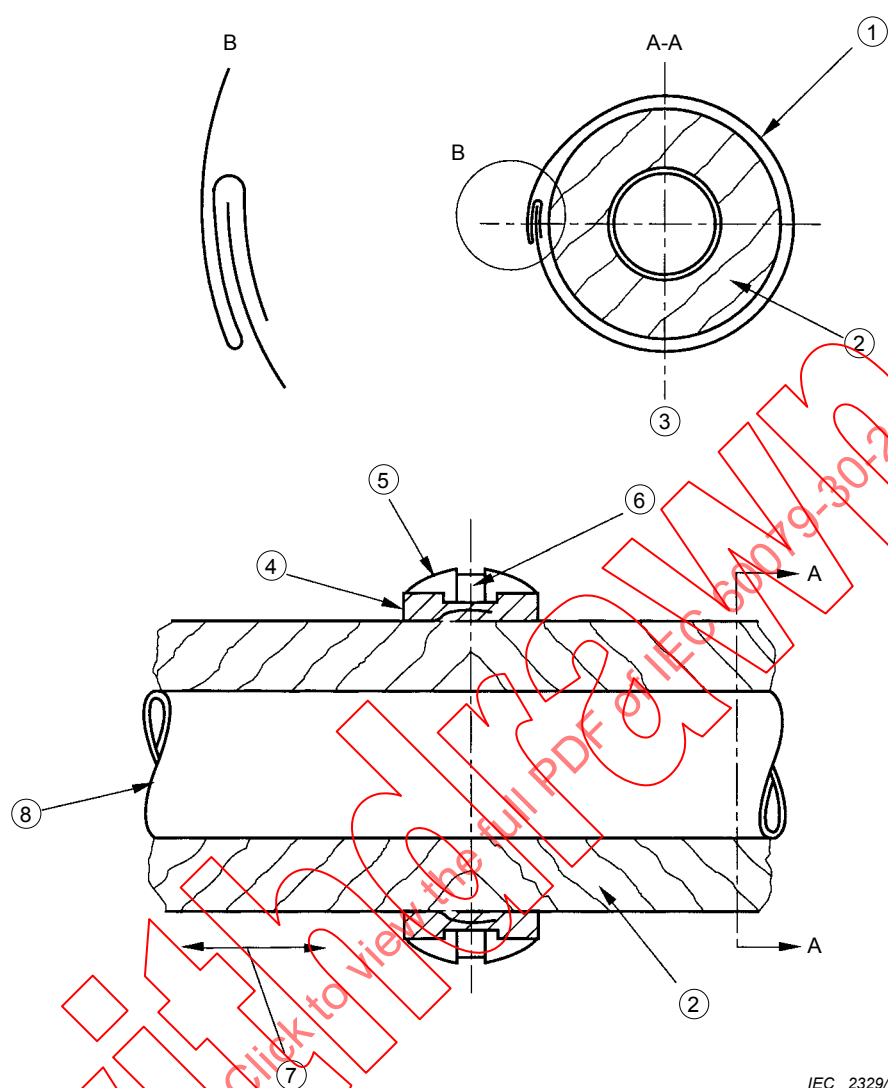
- effectiveness in excluding moisture;
- corrosive nature of chemicals in the area;
- fire protection requirements;
- durability to mechanical abuse;
- cost.



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

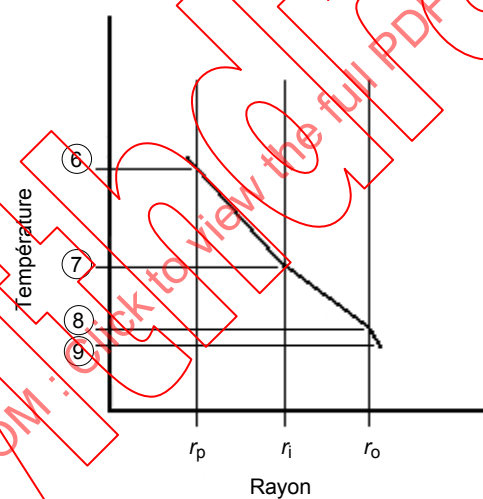
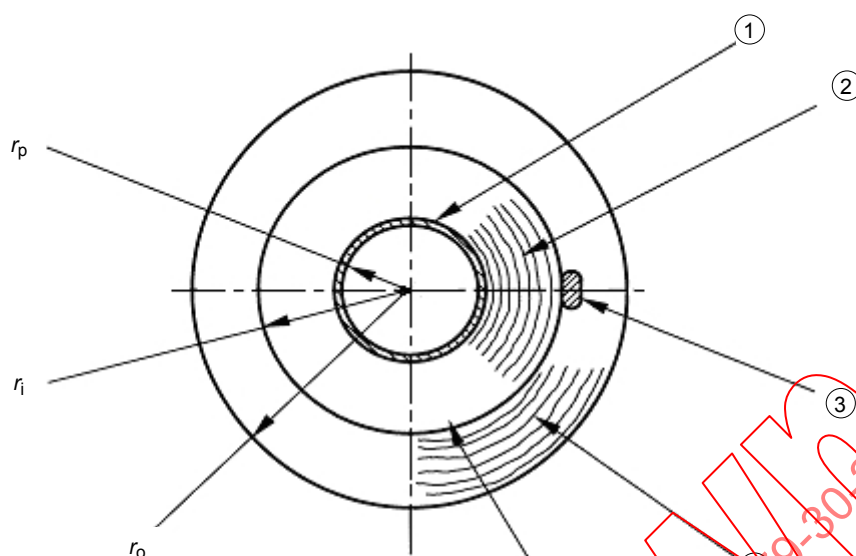
La technique de double isolation peut être employée lorsque la température du tuyau dépasse la température admissible maximale de la résistance de traçage. La prévention de la congélation du condensât dans des conduites de vapeur à haute température lorsque ces conduites ne sont pas utilisées constitue 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.

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.

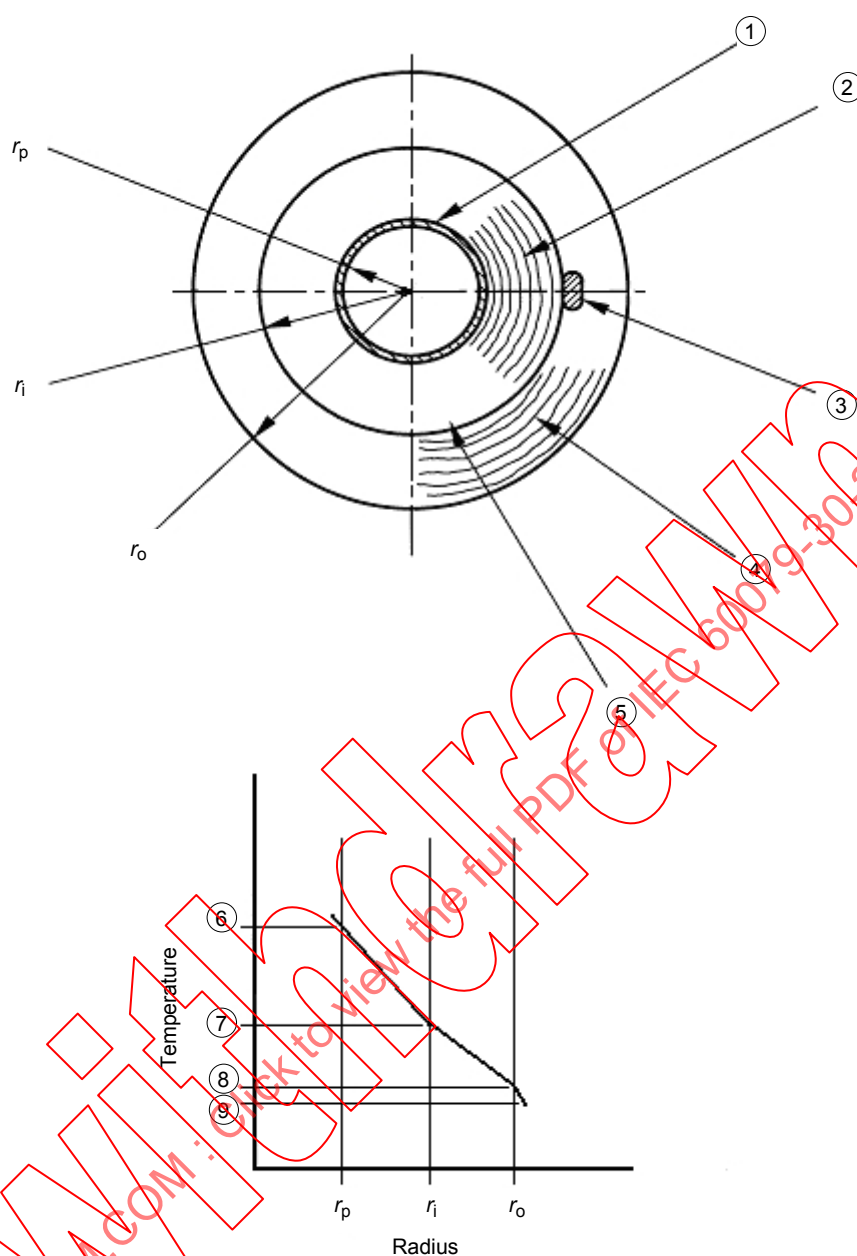


IEC 2330/06

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:

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

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);

- T_a est la température ambiante, en degrés Celsius (°C);
- T_p est la température de maintien souhaitée, en degrés Celsius (°C);
- t est le temps de réchauffage souhaité, en secondes (s);
- U est la perte thermique par unité de longueur du tuyau et par degré de température (W/m K);
- H est la constante de temps thermique, en secondes (s);
- T_{sc} est la température à laquelle se produit le changement de phase, en degrés Celsius (°C);
- h_f est la chaleur de fusion latente pour le produit (J/kg);
- q_c est la puissance des résistances de traçage(s) (W/m).

Les relations précédentes supposent aussi que les densités du système, les volumes, les conductivités thermiques et les pertes thermiques sont constantes dans la gamme de températures concernée. Il est à noter que certains produits ne subissent pas de changement de phase lors du réchauffage. Bien que le modèle soit représentatif d'un tuyau droit, il ne prend pas en compte les équipements tels que les pompes et les vannes.

L'isolation pour les vannes, les brides, les pompes, les instruments et tout autre équipement de forme irrégulière peut être construite pour une configuration particulière. Il peut s'agir d'une fabrication à partir de blocs, de segments d'isolation ou de couvercles amovibles souples.

Les supports ou appareils de tuyaux non isolés ou partiellement isolés nécessitent un complément d'apport calorifique pour compenser la perte thermique supérieure. Il convient que les ciments isolants ou les matériaux fibreux soient utilisés pour combler les fissures et les joints. Lorsque des ciments isolants sont utilisés pour l'isolation totale d'une surface irrégulière, une couche de ciment proportionnellement plus épaisse peut être appliquée pour atteindre la capacité isolante souhaitée.

6.5 Facteur de sécurité théorique de la perte thermique

Etant donné que les pertes thermiques aboutissent à des valeurs théoriques et ne tiennent pas compte des imperfections associées aux installations sur le site d'exploitation, il convient d'appliquer un facteur de sécurité aux valeurs calculées. Il convient de baser le facteur de sécurité sur les exigences de l'utilisateur qui se placent typiquement dans une gamme de 10 % à 25 %. L'ajout d'un facteur de sécurité est utilisé pour compenser les tolérances dans le système de traçage par résistance. Il convient de considérer les facteurs de sécurité pour:

- la dégradation de l'isolation thermique ;
- les variations de tension d'alimentation ;
- les chutes de tension des câbles d'alimentation ;
- la chute de tension des résistances de traçage ;
- le rayonnement et la convection augmentés sur des applications de température plus élevée ;
- la qualité de l'installation de l'isolant thermique.

6.6 Sélection de la résistance de traçage

Pour une application particulière, il convient de revoir certaines caractéristiques de conception de base qui peuvent déterminer le choix des résistances de traçage. Il s'agit des suivantes:

- Il convient que la température maximale de tenue des résistances de traçage soit supérieure à la température maximale de l'objet (qui peut être supérieure à la température normale de fonctionnement).

- T_a is the ambient temperature, in degrees Celsius (°C);
 T_p is the desired maintenance temperature, in degrees Celsius (°C);
 t is the desired heat-up time, in seconds (s);
 U is the heat loss per unit length of pipe per degree of temperature (W/m K);
 H is the thermal time constant, in seconds (s);
 T_{sc} is the temperature at which phase change occurs, in degrees Celsius (°C);
 h_f is the latent heat of fusion for the product (J/kg);
 q_c is the output of the trace heater(s) (W/m).

The preceding relationships also assume that system densities, volumes, thermal conductivities and heat losses are constant over the temperature range of interest. Note that some products do not undergo a phase change during heat-up. Although the model is representative of a straight pipeline, it does not have provisions for equipment such as pumps and valves.

Insulation for valves, flanges, pumps, instruments, and other irregularly shaped equipment may be constructed for the particular configuration. This can be fabricated from block, insulation segments or flexible removable covers.

Non-insulated or partially insulated pipe supports or equipment require additional heat input to compensate for the higher heat loss. Insulating cements or fibrous materials should be used to fill cracks and joints. Where insulating cements are used for total insulation of an irregular surface, a proportionally thicker layer of insulating cement may be applied to achieve the desired insulating capability.

6.5 Heat-loss design safety factor

Since heat-loss calculations based on theoretical values do not account for imperfections associated with actual work site installations, a safety factor should be applied to the calculated values. The safety factor should be based upon the user's requirements that typically range from 10 % to 25 %. The addition of a safety factor is used to compensate for tolerances in the trace heating system. Safety factors should be considered for:

- a) thermal insulation degradation;
- b) supply voltage variations;
- c) branch wiring voltage drop;
- d) trace heater voltage drop;
- e) increased radiation and convection on higher temperature applications;
- f) quality of installation of thermal insulation.

6.6 Selection of trace heater

For a particular application, there are some basic design characteristics that should be reviewed to determine the choice of trace heater(s). These are as follows.

- a) The maximum withstand temperature of the trace heaters should be greater than the maximum possible workpiece temperature (which may be greater than the normal operating temperature).

- b) Il convient que les résistances de traçage soient adaptées à un fonctionnement dans les conditions d'environnement spécifiées, par exemple une atmosphère corrosive ou une température ambiante basse.
- c) Il faut que les résistances de traçage soient certifiées pour une utilisation en atmosphères explosives gazeuses spécifiques.

Pour toute application, il existe une densité de puissance maximale admissible pour laquelle on peut utiliser une résistance de traçage sans détériorer ni l'objet ni son contenu. Parfois, cette valeur est particulièrement critique, par exemple celle avec les tuyaux recouverts, les cuves contenant de la soude caustique ou avec les matériaux sensibles à la chaleur. La densité de puissance autorisée maximale doit être enregistrée dans la documentation du système. De multiples traçages et enroulements en spirale d'une résistance de traçage unique peuvent être prescrits.

On autorise la fabrication de résistances de traçage sur site à condition que:

- le personnel de l'installation soit compétent dans les techniques particulières exigées;
- la ou les résistances de traçage satisfassent aux essais sur site (site d'exploitation) spécifiés en 8.5.5;
- la ou les résistances de traçage fassent l'objet d'un marquage conformément à 6.1 de la CEI 60079-30-1.

La ou les résistances de traçage non exclues par les considérations ci-dessus sont techniquement aptes pour l'application, mais il reste nécessaire de déterminer la densité de puissance maximale admissible de chacune. Cela est une fonction de la construction, de la température exigée maximale, la température de fonctionnement maximale et la température maximale autorisée de l'objet et de l'isolation thermique.

Pour chaque résistance de traçage particulière, la densité de puissance admissible doit être déterminée à partir des données du fabricant qui reposent sur des essais spécifiés dans l'Article 5 de la CEI 60079-30-1. La valeur utilisée doit être choisie de sorte que ni la température maximale de tenue ni la classification des températures exigées ne soient dépassées. La valeur limite de la densité de puissance maximale admissible pour chaque résistance de traçage est soit la valeur choisie à partir des données du fabricant soit celle qui est spécifiée pour le processus, à savoir celle qui est la plus faible. Cependant, la densité de puissance peut encore être limitée par la nécessité de traçages multiples.

Le concepteur peut alors sélectionner le type, la longueur ou la taille et la charge de la résistance de traçage. Il convient que la charge réelle installée ne soit pas inférieure à la charge théorique et que la densité de puissance réelle ne dépasse pas celle qui est obtenue ci-dessus. Il convient de consigner dans la documentation du système le type de résistance par traçage et les valeurs de la charge installée et de la densité de puissance.

6.6.1 Types spécifiques de résistance de traçage

Les séries et les types parallèles de résistances de traçage sont généralement définis par leurs caractéristiques électriques.

Les résistances de traçage en série utilisent typiquement le conducteur électrique comme élément de chauffage, l'alimentation en tension et la longueur du circuit deviennent alors des paramètres critiques dans la conception de chaque circuit. Les résistances de traçage en série avec isolation polymère sont particulièrement adaptées aux installations avec des circuits de longueur importante. Les résistances de traçage en série avec isolation minérale et gaines métalliques sont particulièrement adaptées au maintien de température de processus très élevée. Les résistances de traçage en parallèle consistent en deux conducteurs parallèles avec un élément chauffant polymère ou métallique séparé et alimenté par ces conducteurs. Celles-ci sont de façon caractéristique utilisées pour la protection contre le gel, ou pour le maintien de température de processus des installations de tuyauterie complexe. Le type à puissance constante est typiquement un élément chauffant métallique bobiné.

- b) Trace heaters should be suitable for operation in the environmental conditions specified, for example, a corrosive atmosphere or a low ambient temperature.
- c) Trace heaters must be certified for use in the particular explosive gas atmosphere.

For any application, there is a maximum allowable power density at which a trace heater can be used without damaging either the workpiece or its contents. This is particularly critical in certain cases, such as with lined pipes, vessels containing caustic soda or with heat-sensitive materials. The maximum allowable power density shall be recorded in the system documentation. Multiple tracing or spiralling of a single trace heater may be required.

Site-fabricated trace heaters are permissible provided:

- installation personnel are competent in the special techniques required;
- trace heater(s) pass the field (site work) tests specified in 8.5.5;
- trace heater(s) is/are marked in accordance with 6.1 of IEC 60079-30-1.

Trace heater(s) not excluded by the above considerations are technically suitable for the application, but it is still necessary to determine the maximum allowable power density of each. This is a function of the construction, the maximum withstand temperature, the maximum operating temperature and maximum permissible temperature of the workpiece and thermal insulation.

For each particular trace heater, the maximum allowable power density shall be determined from the manufacturer's data that is based on tests specified in Clause 5 of IEC 60079-30-1. The value used shall be chosen so that the maximum withstand temperature is not exceeded. The limiting value of maximum allowable power density for each trace heater is either the value chosen from the manufacturer's data or that specified for the process, whichever is the lower. However, the power density may be further limited by the need for multiple tracing.

The designer may then select the type, length or size and loading of the trace heater. The actual installed load should be not less than the design loading and the actual power density not greater than that obtained above. The type of trace heater and the values of installed load and power density should be recorded in the system documentation.

6.6.1 Specific types of trace heating

The series and parallel types of trace heating are generally defined by their electrical characteristics.

Series trace heaters typically use the electrical conductor as the heating element, so the voltage supply and circuit length become critical parameters in the design of each circuit. Series trace heaters with polymeric insulation are particularly suited for installations with long circuit lengths. Series trace heaters with mineral insulation (MI) and metallic sheaths are particularly suited for very high process temperature maintenance. Parallel trace heaters typically consist of two parallel conductors with a separate polymeric or metallic heating element that draws voltage from the conductors. These are characteristically used for freeze protection, and for process temperature maintenance of complex piping installations. The constant wattage type typically has a spirally wound metallic heating element.

Le type PTC (voir 6.7.1) consiste typiquement en un élément chauffant polymère extrudé, entre deux conducteurs. Le type de limitation de la puissance tombe entre les types précédents, avec une sortie plus élevée à des températures de fonctionnement plus grandes que le type PTC, et avec des températures de fonctionnement plus basses que le type de puissance constant.

6.6.2 Performance des résistances de traçage et conditions d'équilibre

Suivant l'application et le type de résistance de traçage, il peut être nécessaire d'évaluer le système dans des conditions d'équilibre. Les systèmes sans contrôle, les systèmes avec des contrôles de sensibilité ambiante, et des systèmes conçus pour utilisation en atmosphères explosives gazeuses (voir Article 7) sont des exemples. La Figure 3 montre des exemples de courbes de sortie de puissance pour des résistances de traçage à puissance constante et pour les résistances de traçage PTC (coefficient de température positive) avec des caractéristiques de courbes différentes. La ligne de perte de chaleur représente les conditions qui surviennent à la température ambiante la plus basse. Cela illustre le fait que la résistance de traçage de puissance constante maintiendra l'objet à la plus haute température (80 °C), mais aussi qu'il possède la valeur de sortie la plus élevée (32 W/m), elle a aussi la température de fonctionnement la plus haute. La résistance de traçage PTC avec la pente la plus inclinée maintient l'objet à la température la plus basse (50 °C), mais a aussi la plus basse valeur de sortie (23 W/m) et par conséquent la température de fonctionnement la plus basse.

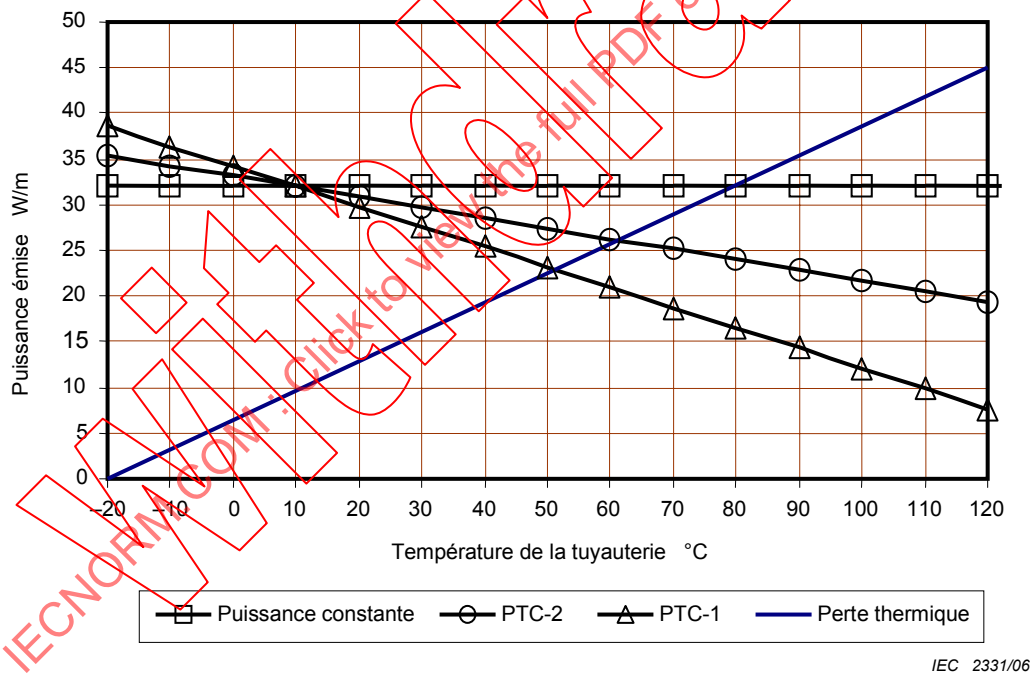


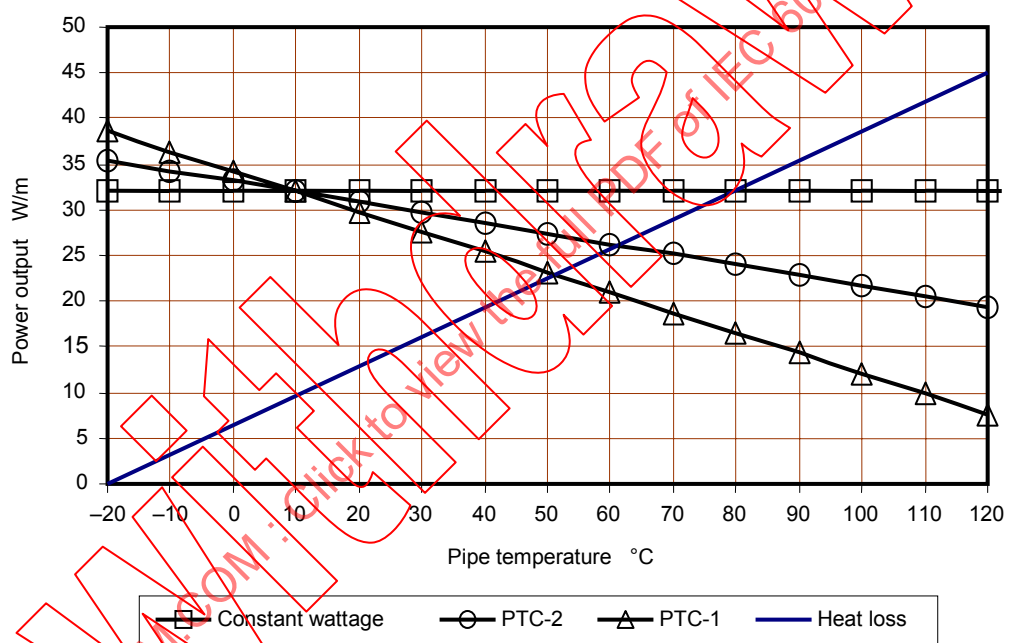
Figure 3 – Conditions d'équilibre pour la maintenance de l'objet

La Figure 4 montre le même exemple, mais avec la perspective d'évaluer les limites supérieures. Dans ce cas, la ligne des pertes thermiques est placée à la température possible la plus haute, et les points de croisement illustrent la température de maintien et les valeurs de puissances émises dans ces conditions. Par exemple, la résistance de traçage PTC-1 a maintenant une température de maintien plus haute que précédemment (78 °C), mais la puissance émise a diminué (18 W/m) du fait de la pente décroissante de la courbe de puissance émise. La même approche peut être utilisée en évaluant les conditions de fonctionnement de limite supérieure pour l'approche de conception stabilisée.

The PTC type (see 6.7.1) typically consists of a polymeric heating element extruded between the conductors. The power-limiting type typically falls between the previous types, with higher output at higher operating temperatures than the PTC type, and with lower operating temperatures than the constant wattage type.

6.6.2 Trace heater performance and equilibrium conditions

Depending on the application and the type of heat tracing, it may be necessary to evaluate the system at equilibrium conditions. Systems with no controls, systems with ambient sensing controls, and systems designated for use in explosive gas atmospheres (see Clause 7) are some typical examples. Figure 3 shows examples of power output curves for constant wattage trace heaters and for PTC (positive temperature coefficient) trace heaters with different slope characteristics. The heat loss line represents the conditions that occur at the lowest ambient temperature. This illustrates that the constant wattage trace heater will maintain the workpiece at the highest temperature (80 °C), but since it also has the highest output (32 W/m) it also has the highest operating temperature. The PTC trace heater with the steepest slope maintains the workpiece at the lowest temperature (50 °C), but also has the lowest output (23 W/m) and therefore the lowest operating temperature.



IEC 2331/06

Figure 3 – Equilibrium conditions for workpiece maintenance

Figure 4 shows the same example, but from the perspective of evaluating the upper limits. In this case the heat loss line is shifted to the highest possible ambient, and the crossing points illustrate the maintain temperature and relative power outputs at these conditions. For example, the PTC-1 trace heater now has a higher maintain temperature than before (78 °C), but the output level has decreased (18 W/m) due to the decreasing slope of the output curve. This same approach may be used when evaluating the upper limit operating conditions for the stabilized design approach.

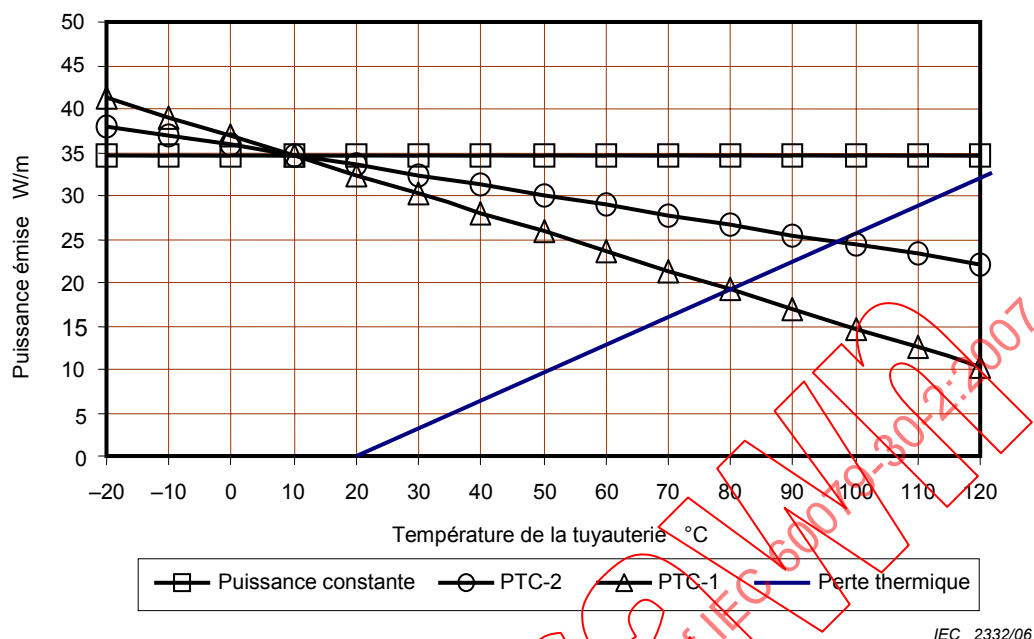


Figure 4 – Conditions d'équilibre de l'évaluation des limites supérieures

Les niveaux de puissance émise des différentes résistances de traçage sont typiquement fournis par le constructeur dans la littérature accompagnant le produit et/ou un programme de conception. Dans la plupart des cas, les courbes de puissances émises par les résistances de traçage PTC sont définies sur la base de données empiriques à partir des installations d'essai similaires à l'essai de 5.1.10 de la CEI 60079-30-1.

La valeur de puissance émise des résistances de traçage de type série est typiquement définie à partir de ses paramètres électriques en utilisant la formule suivante:

$$Q = \frac{V^2}{r_s l^2} \quad (7)$$

où

- Q est la puissance des résistances de traçage(s) (W/m) ;
- V est la tension du système (V) ;
- r_s est la résistance spécifique de chaque conducteur (ohm/m) ;
- l est la longueur de chaque conducteur (m).

Il est à noter que la résistance du conducteur est une fonction de la température du conducteur, comme donné par l'équation:

$$r_s = r(1 + \alpha \Delta T) \quad (8)$$

où

- r est la résistance du conducteur en état de fonctionnement à 20 °C (ohm/m) ;
- α est le coefficient alpha pour le type de matériel du conducteur (1/°C) ;
- ΔT est la différence entre la température du conducteur à l'état de marche et 20 °C.

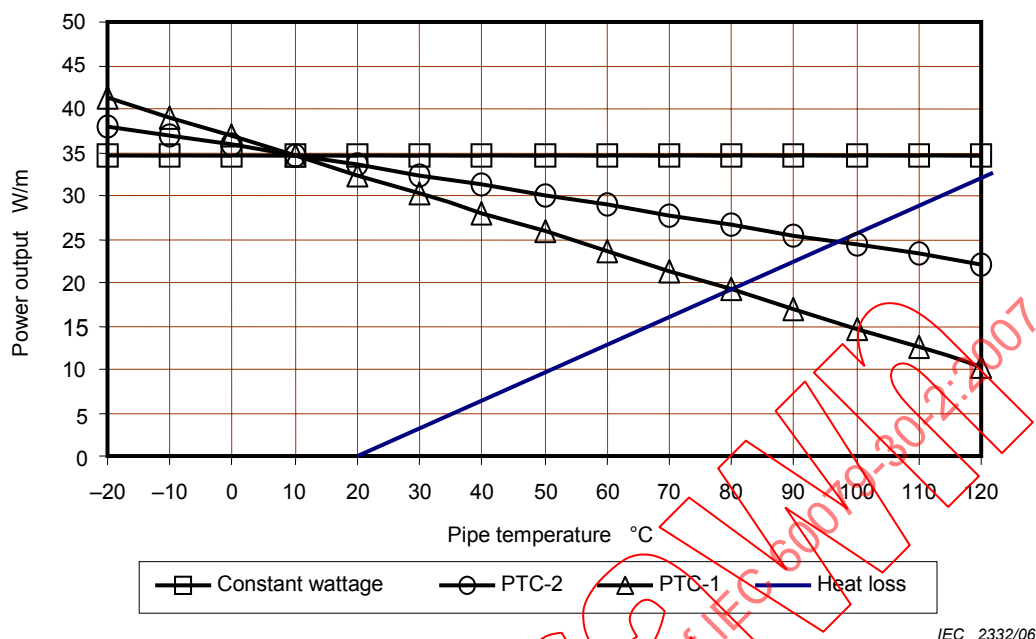


Figure 4 – Equilibrium conditions for upper limit evaluation

The power output levels of different trace heaters are typically provided by the manufacturer in the product literature and/or in a design program. In most cases, the output curves for the PTC trace heater types are defined based on empirical data from test fixtures similar to test of 5.1.10 in IEC 60079-30-1.

The output of series type trace heaters is typically defined from its electrical parameters by using the following formula:

$$Q = \frac{V^2}{r_s l^2} \quad (7)$$

where

Q is the power output of the trace heater (W/m);

V is the system voltage (V);

r_s is the specific resistance of each conductor (ohm/m);

l is the length of each conductor (m).

Note that the resistance of the conductor is a function of the conductor temperature, as given by the equation:

$$r_s = r(1 + \alpha \Delta T) \quad (8)$$

where

r is the resistance of the conductor at 20 °C (ohm/m);

α is the alpha coefficient for the type of material of the conductor (1/°C);

ΔT is the difference between the temperature of the conductor in the operating state and 20 °C (°C).

Il est important de comprendre que les caractéristiques suivantes du système de résistance de traçage devront exister pour que l'installation réussisse:

- a) Il convient que la valeur de puissance émise de la résistance de traçage soit plus élevée que la perte thermique y compris le facteur de sécurité adapté. Cela peut être obtenu en installant une résistance de traçage unique avec une valeur de sortie adaptée, en utilisant plusieurs passages ou enroulements en spirales, si nécessaire pour garder le niveau de puissance émise le plus bas possible.
- b) Il convient de déterminer et de compenser par un facteur de sécurité, les écarts de tensions potentiels ou autres modifications des paramètres du système dans le temps.
- c) La limite supérieure du système doit être évaluée pour les applications où la précision de la température du processus est critique, ou celles ayant une large gamme de températures ambiantes, ou pour les systèmes qui n'ont pas de contrôle, ou qui ont un contrôle par mesure de température ambiante.

6.7 Détermination de la température maximale

Il est important que la température de fonctionnement maximale de la résistance de traçage soit déterminée pour toutes les applications en atmosphères explosives gazeuses. Des exemples sont donnés ci-après:

- a) les applications telles que les tuyauteries non métalliques où la température maximale de la résistance de traçage peut s'approcher de la température maximale de tenue de l'objet, l'isolation thermique, ou autres composants du système ;
- b) les applications qui n'ont pas de commande liée à la mesure de la température ambiante, et dont la gaine du traceur atteint potentiellement des températures élevées à l'équilibre ;
- c) les applications critiques où un degré élevé de précision de la température du processus est exigé ;
- d) les applications en atmosphères explosives gazeuses où on suppose que le thermostat de commande ne fonctionne pas, de telle sorte que la température de la gaine du traceur ne peut dépasser la valeur de la classe de température de la zone (voir Article 7).

Il y a trois mesures possibles pour éviter que le système de traçage ne dépasse la température limite haute – les caractéristiques PTC de la résistance de traçage, l'utilisation d'un limiteur ou d'un dispositif de commande, et par des calculs de conception stabilisée.

6.7.1 Caractéristique PTC

On peut attribuer par des essais (comme indiqué dans la CEI 60079-30-1, en 4.4.2, 4.4.3 et 5.1.13) des classes de température aux résistances de traçage dont la puissance diminue de façon significative lorsque la température augmente. Dans de nombreuses applications, des mesures supplémentaires de contrôle de limitation de la température ne sont pas nécessaires, si la classe de température de la résistance de traçage est inférieure à celle spécifiée pour l'application. Néanmoins, le limiteur et la conception stabilisée peuvent être utilisés pour faire fonctionner le système dans une gamme plus étroite de températures du processus.

6.7.2 Utilisation d'un limiteur de température/dispositif de contrôle

Un limiteur de température/dispositif de contrôle doit empêcher la résistance de traçage de dépasser la température limite haute typiquement par détection.

- a) de la température de l'objet ou autres composants de l'application ;
- b) de la température à la surface de la résistance de traçage ;
- c) de paramètres autres que la température, tel que le courant.

It is important to recognize that the following characteristics of a trace heating system should exist for the installation to be successful:

- a) The output of the trace heater(s) should be greater than the system heat loss including a suitable safety factor. This can be achieved by installing a single trace heater with suitable output, by using multiple passes, or by spiralling if needed to keep the output level as low as possible.
- b) Potential voltage deviations or other changes in system parameters over time should be determined and compensated for by the safety factor.
- c) The upper limit of the system shall be evaluated for applications where process temperature accuracy is critical, or that have a wide range of ambient temperatures, or for systems that have no control or that have ambient sensing control.

6.7 Maximum temperature determination

It is important that the maximum operating temperature of the trace heater is determined for all applications in explosive gas atmospheres. Some examples are:

- a) applications such as non-metallic piping where the maximum temperature of the trace heater may approach the maximum withstand temperature of the workpiece, the thermal insulation, or other components of the system;
- b) applications that have no control or ambient sensing control, and that have potentially high tracer sheath temperatures at equilibrium;
- c) critical applications where a high degree of process temperature accuracy is required;
- d) applications in explosive gas atmospheres where it is assumed that the controlling thermostat is not functioning, such that the tracer sheath temperature cannot exceed the T-rating of the location (see Clause 7).

There are three possible measures for protecting the tracing system from exceeding the high-limit temperature – the PTC characteristic of the trace heater, the use of a limiter or control device, and by stabilized design calculations.

6.7.1 PTC characteristic

Trace heaters that significantly reduce power with an increase in temperature can be assigned temperature classes by testing (as given in IEC 60079-30-1 in 4.4.2, 4.4.3, and 5.1.13). In many applications further temperature limiting control measures are not necessary, provided that the temperature class of the trace heater is lower in temperature than that specified for the application. Nevertheless the limiter and stabilized design measures can be applied to operate the system in a narrower band of process temperatures.

6.7.2 Use of a temperature limiter/control device

A temperature limiter/control device shall prevent the trace heater from exceeding the high-limit temperature by typically sensing:

- a) the temperature of the workpiece or other application components;
- b) the temperature on the surface of the trace heater;
- c) parameters other than temperature, such as current.

Le limiteur de température/système de commande doit ouvrir le circuit en cas de dysfonctionnement dans le capteur ou le limiteur/dispositif de commande. Les exigences spécifiques pour les conceptions avec régulation se trouvent en 4.4.3 de la CEI 60079-30-1.

6.7.3 Calculs de conception stabilisée

La conception stabilisée est basée sur le principe de détermination des températures maximales de surface de l'objet ou de la résistance de traçage dans les conditions les plus défavorables. Il s'agit d'un calcul des conditions d'équilibre qui sont atteintes lorsque l'apport de chaleur est égal à la perte de chaleur du système. Les conditions les plus défavorables comprennent:

- la température ambiante maximale, typiquement supposée être 40 °C à moins qu'il en soit spécifié autrement ;
- sans mouvement d'air (air calme) ;
- l'utilisation d'une valeur minimale pour la conductivité thermique de l'isolation thermique ;
- aucun contrôle de température par conception ou simulation d'une défaillance du régulateur de température ;
- la résistance de traçage fonctionne à sa tension de service assignée plus 10 % ;
- la résistance de traçage est supposée fonctionner à la limite supérieure de la tolérance de fabrication, ou à la résistance spécifique minimale pour les résistances de traçage en série.

Cet ensemble de circonstances est illustré à l'aide d'un graphique par la Figure 4. Les essais pour une conception stabilisée sont définis dans la CEI 60079-30-1. Typiquement, la température de surface maximale de la résistance de traçage est calculée à partir des équations dérivées de l'évaluation de données empiriques, ou par l'approche théorique décrite ci-dessous. En variante, on peut utiliser des programmes de conception qui calculent la température de surface maximale sur la base des paramètres des cas les plus défavorables.

6.7.4 Calculs théoriques de température de la gaine – Applications métalliques

La température maximale du tuyau est calculée à température ambiante maximale en alimentant de façon continue la résistance de traçage. La formule pour calculer la température maximale potentielle du tuyau correspond à une réorganisation des termes de la formule de perte thermique qui correspond, ce qui donne

$$T_{pc} = \frac{Q_{sf}}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad (9)$$

où

T_{pc} est la température maximale du tuyau (°C) ;

NOTE La température maximale du tuyau du processus peut dépasser la valeur calculée.

Q_{sf} est la valeur de la puissance émise de la résistance de traçage. Pour déterminer les classifications de température pour une conception stabilisée, la valeur de sortie est ajustée à 110 % de la tension assignée et à la tolérance de puissance de sortie maximale du constructeur (W/m) ;

k est la conductivité thermique de l'isolation à sa température moyenne (W/m K).

The temperature limiter/control system shall open the circuit if a malfunction occurs in the sensor or the limiter/control device. Specific requirements for controlled designs are found in 4.4.3 of IEC-60079-30-1.

6.7.3 Stabilized design calculations

Stabilized design is based on the principle of determining the maximum workpiece and trace heater surface temperatures under a worst-case set of conditions. This is a calculation of the equilibrium conditions that occur when the heat input equals the system heat loss. The worst-case set of conditions include:

- maximum ambient temperature, typically assumed to be 40 °C unless otherwise specified;
- no wind (still air);
- use of a conservative or minimum value for the thermal conductivity of the thermal insulation;
- no temperature control as per the design or to simulate a failed temperature controller;
- the trace heater is operated at its stated operating voltage plus 10%;
- the trace heater is assumed to be operating at the upper limit of the manufacturing tolerance, or at the minimum specific resistance for series trace heaters.

This set of circumstances is illustrated graphically in Figure 4. Testing for stabilized design is defined in IEC 60079-30-1. Typically the maximum surface temperature of the trace heater is calculated from equations derived from the evaluation of empirical data, or by the theoretical approach described below. Alternatively, design programs that calculate the maximum surface temperature on the basis of these worst-case parameters may be used.

6.7.4 Theoretical sheath temperature calculations – Metallic applications

The maximum possible pipe temperature is calculated at maximum ambient temperature with the trace heater continuously energized. The formula for calculating the maximum potential pipe temperature is a rearrangement of the terms of the heat loss formula:

$$T_{pc} = \frac{Q_{sf}}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad (9)$$

where

T_{pc} is the maximum calculated pipe temperature (°C);

NOTE The maximum process pipe temperature may exceed the calculated value.

Q_{sf} is the trace heater output. For determining temperature classifications for stabilized design, the output is adjusted for 110 % rated voltage and maximum manufacturer's output tolerance (W/m);

k is the thermal conductivity of the insulation at its mean temperature (W/m K).

D'autres termes sont définis dans l'équation (3). Il peut être nécessaire d'appliquer des techniques itératives au calcul de l'équation (9) afin d'atteindre T_{pc} , étant donné que la conductivité thermique de l'isolation et la puissance du câble de traçage peuvent être fonction de la température du tuyau.

La température de la gaine d'une résistance de traçage peut être calculée comme suit:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pc} \quad (10)$$

où

T_{sh} est la température de la gaine de la résistance de traçage (°C),

C est la circonférence de la résistance de traçage (m);

U est le coefficient de transfert de chaleur global (W/m² K);

Le coefficient de transfert de chaleur global est différent pour chaque type de résistance de traçage, méthode d'installation et configuration de système. Il s'agit d'une combinaison de modes de transfert de chaleur par conduction, par convection et par rayonnement. La valeur de U peut connaître une variation comprise entre 12 pour le câble de traçage cylindrique dans l'air (essentiellement convection) et 170 ou plus pour une résistance de traçage appliquée par des supports de transfert de chaleur (essentiellement conduction). Il convient que, sur demande, le fournisseur de traçage par résistance fournisse le facteur U pour des applications données, ou encore présente des températures de gaines calculées ou déterminées de façon expérimentale.

La puissance délivrée Q_{sf} de la résistance de traçage sélectionnée doit permettre la conception stabilisée et ne doit pas excéder la classe de température ou toutes les limites de températures maximales énumérées ci-dessus.

6.7.5 Calculs théoriques de température de la gaine – Applications non métalliques

Pour les applications de tuyau non métallique, il convient de prendre en considération la résistance thermique de la paroi du tuyau, étant donné que le tuyau non métallique est un moyen de transfert médiocre de la chaleur. Ces matériaux peuvent posséder une conductivité thermique (facteur k) 1/200 de celle de l'acier et une différence de température substantielle peut se développer à travers le tuyau ou le réservoir, en fonction de la densité de puissance du câble de traçage. Cette température supérieure à la normale (en comparaison au traçage des tuyaux et cuves métalliques) peut entraîner deux effets néfastes:

- la température maximale admissible du tuyau non métallique peut être dépassée;
- la température maximale admissible de la résistance de traçage peut être dépassée.

La température de la gaine de la résistance de traçage dans des conditions normales de fonctionnement est en principe obtenue à partir de l'équation (10). Cependant, en obtenant U , il convient d'inclure l'effet de la résistance thermique de la paroi du tuyau. Le coefficient de transfert de chaleur global pour le tuyau en plastique est le suivant:

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad (11)$$

où

U_p est le coefficient de transfert de chaleur global pour un tuyau non métallique (W/m² K);

U_m est le coefficient de transfert de chaleur global pour un tuyau métallique (W/m²);

L est l'épaisseur de la paroi du tuyau, en mètres (m);

k_p est la conductivité thermique du matériau de la paroi de tuyau (W/m K).

Other terms are defined in equation (3). Iterative techniques may need to be applied to the calculation of equation (9) in order to arrive at T_{pc} , since the thermal conductivity of the insulation and the trace heater output may be a function of pipe temperature.

The sheath temperature of a trace heater may be calculated as follows:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pc} \quad (10)$$

where

T_{sh} is the trace heater sheath temperature (°C);

C is the trace heater circumference (m);

U is the overall heat transfer coefficient (W/m² K).

The overall heat transfer coefficient is different for each trace heater type, installation method and system configuration. It is a combination of conductive, convective and radiation heat transfer modes. The value of U can vary from 12 for a cylindrical trace heater in air (primarily convective), to 170 or more for a trace heater applied using heat transfer aids (primarily conductive). Upon request, the trace heating supplier should provide the U -factor for given applications, or furnish calculated or experimentally determined sheath temperatures.

The power output Q_{sf} of the trace heater selected shall provide the stabilized design and shall not exceed the temperature classification or any other maximum temperature limitations listed above.

6.7.5 Theoretical sheath temperature calculations – Non-metallic pipe applications

For non-metallic pipe applications, the pipe wall thermal resistance should be considered, as the non-metallic pipe is a poor heat transfer medium. These materials may have a thermal conductivity (k-factor) 1/200 of that of steel, and a substantial temperature difference may develop across the pipe or tank wall depending on the trace heater power density. This higher than normal temperature (when compared to tracing metallic pipes and vessels) may have two adverse effects:

- a) the non-metallic pipe maximum allowable temperature may be exceeded;
- b) the trace heater maximum allowable temperature may be exceeded.

Sheath temperature of the trace heater under normal operating conditions is in principle obtained from equation (10). However, in obtaining U , the effect of the thermal resistance of the pipe wall should be included. The overall heat transfer coefficient for plastic pipe is

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad (11)$$

where

U_p is the overall heat transfer coefficient for a non-metallic pipe (W/m² K);

U_m is the overall heat transfer coefficient for a metallic pipe (W/m²);

L is the pipe wall thickness, in metres (m);

k_p is the thermal conductivity of pipe wall material (W/m K).

Du fait de la résistance thermique complémentaire de la paroi du tuyau non métallique, une différence de température existe à travers la paroi du tuyau; c'est-à-dire que la température de la paroi extérieure du tuyau et celle du fluide ne sont pas les mêmes, comme dans le cas du tuyau métallique. Par conséquent, il convient de considérer la température du fluide.

Pour le tuyau non métallique,

$$T_{sh} = \frac{W}{U_p C} + T_f \quad (12)$$

où T_f est la température du fluide (°C)

L'équation (12) est une simplification minimale d'un problème complexe qui concerne des critères qui vont au-delà de la présente norme. Le fournisseur du traçage par résistance individuel doit fournir les données de température de gaine pour des applications spécifiques.

La puissance de la résistance de traçage sélectionnée doit assurer la conception stabilisée et ne doit pas excéder la classe de température ou toute autre limite de température maximale.

6.8 Information concernant la conception

6.8.1 Documentation d'information pour la conception

Afin de permettre une étude de qualité, il convient de fournir aux concepteurs des procédés et des informations à jour sur la tuyauterie et de lui apporter les précisions concernant toutes les révisions d'articles et de dessins en rapport avec le système de résistance par traçage. Tout ou partie de ce qui suit peut être applicable:

- a) Paramètres du procédé
 - 1) Documentation pour la classification de zone
 - 2) Diagramme du système
 - 3) Plans des détails des équipements (pompes, vannes, filtres, etc.)
 - 4) Température d'inflammation de gaz ou de vapeur concernée
 - 5) Procédures de processus qui provoque une élévation des températures de tuyau, c'est-à-dire production de vapeur et réactions exothermiques
- b) Paramètres de la tuyauterie
 - 1) Dossier de disposition de l'équipement (plans, sections, etc.)
 - 2) Dossier de tuyauterie (plans, plans isométriques, listes de lignes, etc.)
 - 3) Spécifications de tuyauterie
- c) Exigences et données d'isolation thermique
 - 1) Paramètres de conception thermique
 - 2) Spécifications de l'isolation thermique
 - 3) Epaisseur des calorifuges
 - 4) Nomenclatures
- d) Paramètres électriques
 - 1) Schémas électriques (unifilaires, élémentaires, etc.)
 - 2) Spécifications des équipements électriques
 - 3) Détails des équipements
 - 4) Installation des équipements et manuels d'instruction
 - 5) Nomenclatures

Because of the additional thermal resistance of the non-metallic pipe wall, a temperature difference will exist across the pipe wall; that is, the outside pipe wall and fluid temperature are not the same as in the case of metallic pipe. Therefore, fluid temperature should be considered.

For non-metallic pipe, then

$$T_{\text{sh}} = \frac{W}{U_p C} + T_f \quad (12)$$

where T_f is the fluid temperature (°C).

Equation (12) is a conservative simplification of a complex problem that involves criteria beyond the scope of this standard. The individual trace heating manufacturer shall provide sheath temperature data for specific applications.

The power output of the trace heater selected shall provide the stabilized design and shall not exceed the temperature classification or any other maximum temperature limitations.

6.8 Design information

6.8.1 Design information documentation

To ensure a workable trace heating design, the design function should be furnished with up-to-date process and piping information and should be updated with any specification and drawing revisions that pertain to the trace heating system. Any or all of the following may be applicable:

a) Process parameters

- 1) Area classification documentation
- 2) System flow diagram
- 3) Equipment detail drawings (pumps, valves, strainers, etc.)
- 4) Ignition temperature of gas or vapour involved
- 5) Process procedures that would cause elevated pipe temperatures, that is, steam out or exothermic reactions

b) Piping parameters

- 1) Equipment layout drawings (plans, sections, etc.)
- 2) Pipe drawings (plans, isometrics, line lists, etc.)
- 3) Piping specifications

c) Thermal insulation requirements and data

- 1) Thermal design parameters
- 2) Thermal insulation specifications
- 3) Thermal insulation schedules
- 4) Bill of materials

d) Electrical parameters

- 1) Electrical drawings (one lines, elementaries, etc.)
- 2) Electrical equipment specifications
- 3) Equipment details
- 4) Equipment installation and instruction manuals
- 5) Bill of materials

6.8.2 Plans isométriques ou plans d'implantation des résistances de traçage, listes de lignes et diagrammes de charge

Il convient que la conception du circuit de la résistance comprenne les informations suivantes:

a) Données de conception

- 1) Classification de zone, y compris la température d'inflammation la plus faible pour chaque zone (si applicable)
- 2) Désignation de la tuyauterie et numéro de ligne
- 3) Matériau, valeur nominale et taille du tuyau
- 4) Type d'isolation thermique, taille nominale, épaisseur, et facteur k
- 5) Désignation de la résistance de traçage et/ou numéro de circuit
- 6) Température à maintenir
- 7) Température maximale du processus
- 8) Température ambiante minimale
- 9) Température d'exposition maximale (le cas échéant)
- 10) Température maximale de gaine (si nécessaire)
- 11) Pertes thermiques à la température de maintien souhaitée, par unité de longueur de tuyau
- 12) Paramètres de réchauffage (si nécessaire)
- 13) Puissance par unité de longueur (W/m) de résistance de traçage à la température de maintien souhaitée
- 14) Puissance totale
- 15) Intensités des courants, au démarrage et en régime permanent
- 16) Liste de matériel (nomenclature)

b) Plans d'installation

- 1) Plans d'installation de l'équipement isométrique
- 2) Emplacement de la tuyauterie avec numéro de ligne
- 3) Emplacement du raccordement électrique, de l'embout protecteur et des capteurs de température, le cas échéant
- 4) Longueur de la tuyauterie
- 5) Rapport de traçage de la résistance de traçage par longueur de tuyau
- 6) Longueur de la résistance de traçage
- 7) Longueur supplémentaire de résistance de traçage appliquée aux vannes, aux supports de tuyau et autres dissipateurs thermiques
- 8) Tension de fonctionnement
- 9) Numéro ou désignation du tableau de distribution d'énergie, la désignation de l'équipement d'alarme et de régulation et les points de réglage

6.9 Système d'alimentation

La protection des circuits des résistances de traçage doit être en mesure d'interrompre les défauts de terre à haute impédance ainsi que des défauts de court-circuit (voir 4.3 de la CEI 60079-30-1). Il convient de réaliser cela par un dispositif de protection contre les défauts de terre de caractéristiques assignées de déclenchement de 30 mA ou un régulateur avec une capacité d'interruption de défaut de terre utilisé conjointement avec une protection de circuit adaptée. Ce niveau de déclenchement pour des dispositifs réglables est généralement réglé à 30 mA au-dessus de toute caractéristique de fuite capacitive inhérente à la résistance, comme le spécifie le fournisseur de traçage par résistance.

6.8.2 Isometric or trace heater configuration line lists and load charts

Each trace heater circuit design should include the following information:

a) Design data

- 1) Area classification, including the lowest ignition temperature for each area if applicable
- 2) Piping designation or line number
- 3) Pipe size, rating and material
- 4) Thermal insulation type, nominal size, thickness, and k -factor
- 5) Trace heater designation and/or circuit number
- 6) Temperature to be maintained
- 7) Maximum process temperature
- 8) Minimum ambient temperature
- 9) Maximum exposure temperature (when applicable)
- 10) Maximum sheath temperature (when required)
- 11) Heat loss at desired maintenance temperature per unit length of pipe
- 12) Heat-up parameters (when required)
- 13) Watts per unit length of trace heater at desired maintenance temperature
- 14) Watts, total
- 15) Circuit current, start-up and steady state
- 16) Bills of materials

b) Installation drawings

- 1) Isometric equipment installation drawings
- 2) Piping location with line numbers
- 3) Location of power connections, end seals, and temperature sensors as applicable
- 4) Length of piping
- 5) Trace ratio of trace heater per length of pipe
- 6) Length of trace heaters
- 7) Extra length of trace heater applied to valves, pipe supports, and other heat sinks
- 8) Operating voltage
- 9) Power distribution panel number or designation, the alarm and control equipment designation, and set points

6.9 Power system

The trace heater branch circuit protection shall be capable of interrupting high-impedance earth faults as well as short-circuit faults (see 4.3 in IEC 60079-30-1). This shall be accomplished by an earth-fault protective device with a nominal 30 mA trip rating or a controller with earth-fault interruption capability for use in conjunction with suitable circuit protection. The trip level for adjustable devices is typically set at 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater as specified by the trace heating supplier.

Lorsque des conditions de maintenance et de supervision assurent que seules des personnes qualifiées entretiennent les systèmes installés, et que le fonctionnement permanent du circuit est nécessaire pour l'exploitation en toute sécurité de l'équipement ou des processus, la détection de défaut de terre sans interruption est acceptable si on déclenche l'alarme de manière à assurer une action appropriée.

6.10 Démarrage aux températures ambiantes basses

Il convient que la valeur nominale et les caractéristiques des dispositifs de protection soient appropriées aux systèmes de traçage par résistance lorsque l'on peut rencontrer des conditions de démarrage pour températures ambiantes basses. Il y a lieu dans ce cas de se reporter aux instructions du fournisseur de traçage par résistance en vue de précisions et de recommandations complémentaires.

6.11 Parcours long de résistance de traçage

Lorsque des résistances de traçage de circuit parallèles sont utilisées dans de longs parcours, la densité de puissance à la fin du parcours peut être inférieure à la densité de puissance du début, du fait d'une chute de tension. Il convient de prendre cela en considération lors de la détermination de la puissance de la résistance de traçage et de l'emplacement des capteurs de température.

6.12 Analyse du modèle de circulation

Lorsqu'une régulation de température critique est nécessaire, toutes les conditions possibles de circulation dans le réseau de tuyauterie doivent être considérées pour déterminer les segments de circuit de traçage par résistance. L'illustration en est faite par l'exemple du réservoir chauffé présenté à la Figure 5. L'ensemble des trois circuits de traçage par résistance avec des régulateurs séparés est nécessaire pour maintenir le système de tuyauterie à la température souhaitée. Lorsque le produit chauffé circule à partir du réservoir à travers le tuyau A, le circuit n° 1 et le circuit n° 2 sont mis hors tension et le circuit n° 3 qui chauffe la ligne sans circulation, demeure sous tension. Si l'ensemble des trois circuits est combiné en un seul, en utilisant seulement un contrôle, la ligne sans circulation A ou B est mise hors tension et sa température chute au-dessous de la température de maintenance souhaitée.

Une dérivation autour d'une vanne de régulation constitue une occurrence commune lorsque d'autres circuits complémentaires sont nécessaires, comme l'illustre la Figure 6.

Voici deux exemples de systèmes de tuyauterie pour lequel la conception du circuit nécessite une attention particulière. Les systèmes de tronçons morts et de répartiteurs nécessitent des dispositions approfondies pour les dispositifs de traçage par résistance et de leurs régulations associées.

Where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons will service the installed systems, and continued circuit operation is necessary for the safe operation of the equipment or processes, earth-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to assure an acknowledged response.

6.10 Start-up at low ambient temperatures

The rating and characteristics of current protective devices should be appropriate for the trace heating systems where low ambient start-up conditions may occur. Refer to the trace heating supplier's instructions for additional details and recommendations in these cases.

6.11 Long trace heater runs

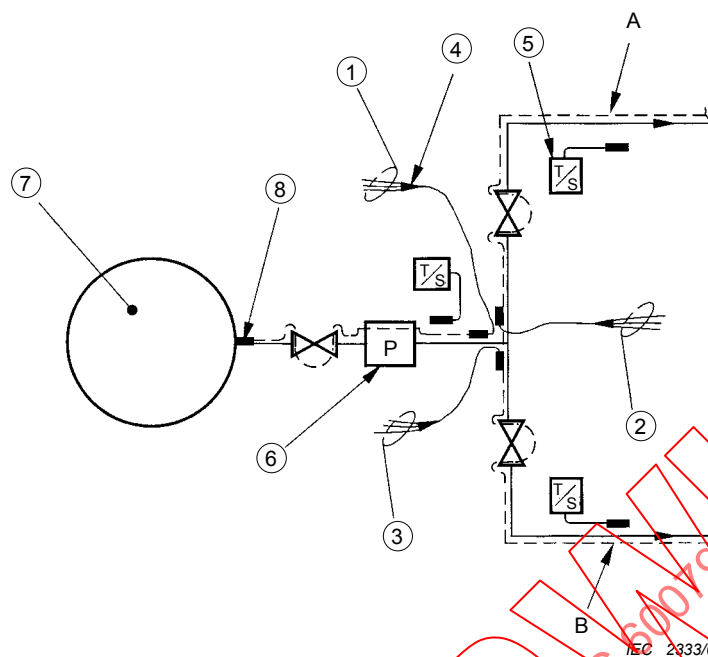
When parallel circuit trace heaters are used in long runs, the power density at the end of the run can be less than the power density at the beginning due to voltage drop. This should be taken into consideration when determining trace heater output and the location of temperature sensors.

6.12 Flow pattern analysis

Where critical temperature control is required, all possible flow conditions in the piping network shall be considered in determining the trace heating circuit segments. This is illustrated by the heated tank example shown in Figure 5. All three trace heating circuits with separate controls are necessary to maintain the piping system at its desired maintenance temperature. When the heated product flows from the tank through pipe A, circuit no. 1 and circuit no. 2 are de-energized, and circuit no. 3, which is heating the non-flowing line, remains energized. If all three circuits are combined into one, using only one control, the non-flowing line A or B is de-energized and drops below the desired maintenance temperature.

A bypass around a control valve is another common occurrence where additional circuits are needed, as shown in Figure 6.

These are two examples of piping systems for which the circuit design needs close attention. Dead legs and manifold systems require careful arrangements of the trace heating devices and their associated controls.

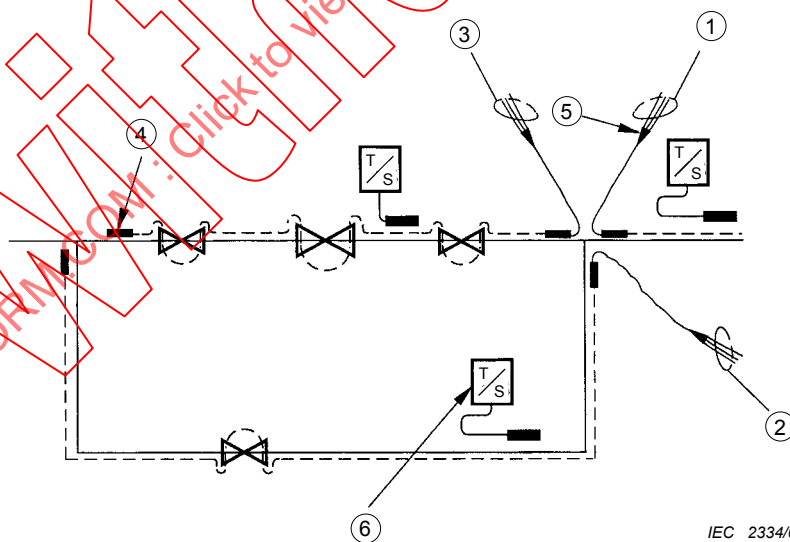


Légende

- A tuyau A
- 1 circuit n° 1
- 2 circuit n° 2
- 3 circuit n° 3
- 4 terminaison froide

- B tuyau B
- 5 capteur de température
- 6 pompe
- 7 réservoir chauffé
- 8 terminaison chaude

Figure 5 – Exemple de réservoir chauffé

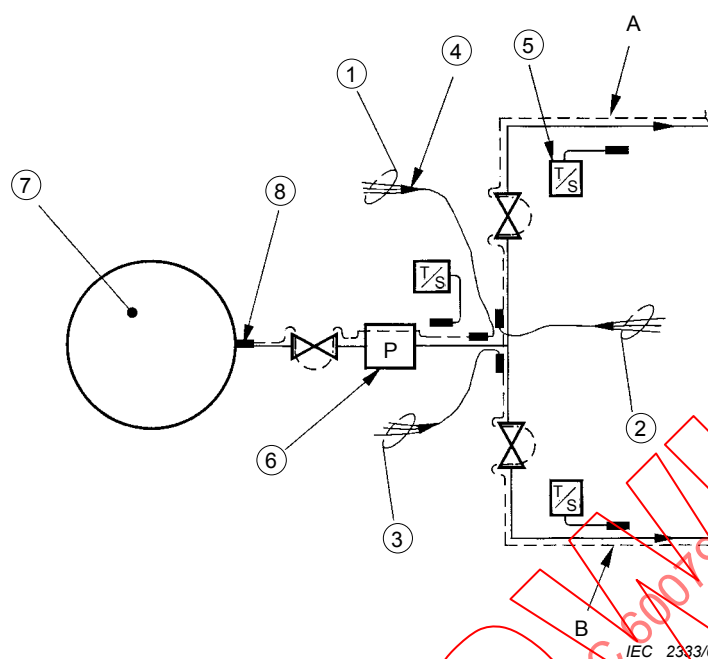


Légende

- 1 circuit n° 1
- 2 circuit n° 2
- 3 circuit n° 3

- 4 terminaison chaude
- 5 terminaison froide
- 6 capteur de température

Figure 6 – Exemple de dérivation

**Key**

A pipe A

1 circuit no. 1

2 circuit no. 2

3 circuit no. 3

4 cold end termination

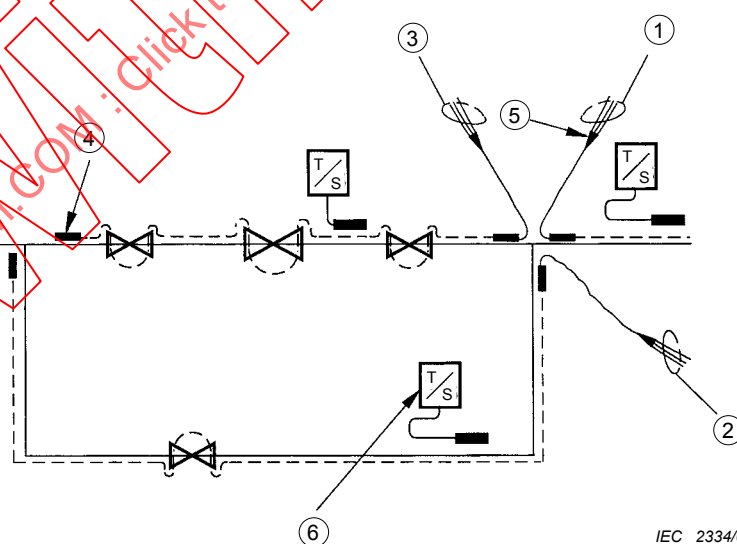
B pipe B

5 temperature sensor

6 pump

7 heated tank

8 hot end termination

Figure 5 – Heated tank example**Key**

1 circuit no. 1

2 circuit no. 2

3 circuit no. 3

4 hot end termination

5 cold end termination

6 temperature sensor

Figure 6 – Bypass example

6.13 Technique de régulation de tronçon mort

Il s'agit d'une technique parfois utilisée pour la régulation de températures de réseaux de tuyauteries et de systèmes de tuyaux très complexes. Elle peut aussi être utilisée lorsque le nombre total de régulateurs de température doit être maintenu à un nombre minimal aux dépens de certaines économies d'énergie. Cette technique consiste à placer ou à fabriquer une section de tuyau qui

- a) possède une condition d'écoulement statique à tout moment;
- b) possède la même perte de chaleur que les autres tuyauteries à réguler. Puis, sans tenir compte des conditions d'écoulement, toutes les sections sont chauffées. Toutes les sections qui ont des conditions d'écoulement statiques au même moment possèdent la quantité appropriée de chaleur nécessaire tandis que la température ambiante varie. Des sections de tuyau qui possèdent un écoulement peuvent être chauffées inutilement. L'intérêt de l'approche du tronçon mort réside principalement dans le compromis des économies d'énergie par rapport aux économies sur les frais initiaux. Il convient d'être vigilant lors de l'utilisation de cette technique avec des produits sensibles à la température.

Il convient d'être attentif en premier lieu au fait que la section du tronçon mort pour le contrôle est assez longue pour que sa température ne soit pas affectée par l'écoulement dans le tuyau supplémentaire et en second lieu, que le capteur de température est situé sur la portion qui est thermiquement indépendante des conditions d'écoulement.

6.14 Effet de cheminée

Des longs parcours de tuyauteries à la verticale, lorsqu'une régulation rigoureuse de la température est nécessaire, peuvent nécessiter deux circuits de régulation ou plus. Etant donné la circulation par convection du fluide chaud, une différence substantielle de température peut se produire du bas jusqu'au haut du parcours vertical. La longueur maximale du circuit de régulation pour un long parcours vertical dépend de la tolérance pour la température de maintenance et les caractéristiques de fluide à l'intérieur du tuyau.

7 Régulation et surveillance

7.1 Généralités

Un système de régulation et de commande qui réponde aux exigences d'application de cette norme et qui soit approprié aux considérations d'application concernant les divers types de processus selon le degré de criticité et la précision de température du processus, conformément aux définitions de 4.3 et 4.4, doit être utilisé.

Ces équipements de régulation et de surveillance peuvent fournir un contrôle de la température pour assurer qu'aucune limite haute de température n'est dépassée, une surveillance pour la détection de défauts du circuit de la résistance de traçage, une protection contre les surintensités, et une protection et isolation contre le courant résiduel. Il est essentiel que toutes exigences complémentaires pour des applications particulières, spécifiées par le concepteur du système de traçage par résistance pour le système, satisfassent aussi pleinement aux exigences fonctionnelles et de sécurité.

7.2 Régulateurs mécaniques

Les régulateurs mécaniques, tels que les thermostats, utilisent deux principes possibles: un élément bimétallique ou l'expansion d'un fluide confiné dans un bulbe ou un bulbe et capillaire. Des modifications de températures aboutissent à un déplacement de position actionnant des contacts électriques qui établissent ou coupent le circuit.

6.13 Dead-leg control technique

This is a technique that is sometimes used for the temperature control of very complex piping networks and manifold systems. It can also be used where the total number of temperature controllers is to be kept to a minimum at the expense of some energy savings. The technique consists of locating or fabricating a section of pipe that

- a) has static flow condition at all times;
- b) has the same heat loss as the other piping to be controlled. Then, regardless of flow conditions, all sections will be heated. All sections that have static flow conditions at the same time will have the proper amount of heat required as the ambient temperature varies. Pipe sections that have flow may be heated unnecessarily. The merits of the dead-leg approach lie mainly in the trade-off in energy savings against savings on initial costs. Caution should be exercised when using this technique with temperature sensitive products.

Care should be taken that, first, the dead-leg section for control is long enough that its temperature is not affected by flow in the adjoining piping, and second, that the temperature sensor is located on the portion that is thermally independent of flow conditions.

6.14 Chimney effect

Long, vertical piping runs, where close temperature control is needed, may need two or more control circuits. Due to the convective circulation of the hot fluid, a substantial temperature difference from the bottom to the top of the vertical run may occur. The maximum control circuit length for a long, vertical run depends on the maintenance temperature tolerance and the fluid characteristics inside the pipe.

7 Control and monitoring

7.1 General

A control and monitoring system shall be used which meets the application requirements of this standard that is appropriate to the application considerations for various process types according to the degree of criticality and process temperature accuracy, as defined in 4.3 and 4.4.

Such control and monitoring equipment may provide control of temperature to ensure that any high-limit temperatures are not exceeded, monitoring of the trace heater circuit for faults, over-current protection, and residual current protection and isolation. It is essential that any additional requirements for particular applications, specified by the trace heating system designer for the system, also fully meet operational and safety requirements.

7.2 Mechanical controllers

Mechanical controllers, such as thermostats, utilize two alternative principles: a bimetallic element or the expansion of a fluid confined within a bulb or a bulb and capillary. Changes in temperature result in positional displacement actuating electrical contacts that make or break the circuit.

Les régulateurs mécaniques sont robustes; cependant, pour un capteur court non groupé ou non monté sur tableau, l'étalonnage sur site est peu pratique. Les thermostats sont montés sur site.

La sélection de la sonde thermique utilisée avec un régulateur mécanique doit tenir compte de la valeur nominale de température maximale du capteur et de ses parties constitutives, et de toutes conditions de corrosion auxquelles elle peut être soumise.

Les capillaires placés sur site et les thermostats de type biméalliques doivent être fournis avec un type de protection adaptée à l'utilisation dans la classification d'atmosphères explosives gazeuses appropriée pour l'installation.

7.3 Régulateurs électroniques

Les régulateurs électroniques utilisent généralement des détecteurs de température à résistance (RTD), également connus sous le nom de sondes à résistance de platine (PTR), thermistances, thermocouples (T/C), ou d'autres dispositifs pour détecter la température. Les régulateurs peuvent être situés à plusieurs centaines de mètres du capteur et sont souvent placés dans le tableau de distribution et de surveillance pour faciliter l'accès à l'opérateur et la maintenance.

Ces régulateurs traitent électroniquement le signal du capteur afin de commuter un relais électromécanique ou un dispositif de commande statique pour une régulation par tout ou rien ou progressive.

7.4 Aptitude de l'application

Les systèmes de protection figés possédant une exigence de précision de température du processus de Type I (comme en 4.3.1) peuvent uniquement exiger un système simple de régulation de détection de l'air ambiant. S'agissant d'améliorer la conservation de l'énergie, par exemple, une précision de température du processus de Type II ou de Type III (respectivement comme en 4.3.2 et 4.3.3), il convient d'envisager des régulations supplémentaires ou alternatives de détection dans l'air ou du tuyau.

La plupart des applications de température du processus sont de Types II ou III, nécessitant la détection de la température du tuyau et sont souvent fournies avec au moins un thermostat mécanique.

Pour les applications critiques ou lorsque des températures doivent être régulées dans une plage étroite (Type III), il est possible de prescrire des fonctions d'alarme telles que la défaillance du circuit de traçage par résistance et celle de la température élevée ou basse du processus. Lorsque les conditions ou la spécification du poste l'exigent, il convient d'utiliser des régulations électroniques. Les systèmes seront souvent fournis avec des alarmes pour le diagnostic du système, la continuité, le défaut de terre et une coupure pour température élevée. Suivant les exigences du système, les signaux de limite élevée peuvent être configurés pour déclencher une alarme et/ou actionner le dispositif de protection du circuit.

7.5 Emplacement des régulateurs

Les régulateurs électriques sont souvent groupés dans une enceinte commune. Il faut que cette enceinte soit conforme aux exigences du classement des atmosphères explosives gazeuses, si applicable. Il convient d'envisager le groupement des régulateurs à l'extérieur de la zone dangereuse. Si possible, il convient de placer les régulateurs de température de manière à permettre l'accès libre et aisé et à faciliter ainsi la maintenance et l'étalonnage.

7.6 Emplacement des capteurs

Le nombre et l'emplacement des capteurs sont déterminés par les exigences des critères de conception du processus.

Mechanical controllers are rugged; however, the short sensing element prevents remote panel mounting, and field calibration is cumbersome. Thermostats are mounted in the field.

Selection of the temperature sensor used with a mechanical controller shall take account of the maximum temperature rating of the sensor and its component parts, and any corrosive conditions to which it may be subjected.

Field located capillary and bimetallic type thermostats shall be provided with a type of protection suitable for use in the explosive gas atmosphere classification appropriate to the installation.

7.3 Electronic controllers

The sensors of electronic controllers typically comprise resistance temperature detectors (RTD's), platinum resistance thermometers (PRT's), thermistors, thermocouples (T/C's), or other temperature sensing devices. The controllers can be located several hundred metres away from the sensor and are often located in the control and distribution panel for ease of operator and maintenance access.

These controllers electronically process the sensor signal in order to switch an electro-mechanical relay or solid-state device for on-off or phase control.

7.4 Application suitability

Freeze protection systems having a Type I (as per 4.3.1) process temperature accuracy requirement may only require a simple ambient air sensing control system. For improved energy efficiency and for process temperature accuracy Types II or III (as per 4.3.2 and 4.3.3 respectively), alternative or additional air-sensing or pipe-sensing controls should be considered.

Most process temperature applications are Types II or III, requiring sensing of pipe temperature and are often provided with at least a mechanical thermostat.

For critical applications and/or where temperatures are to be controlled within a narrow band (Type III), alarm functions such as annunciation of high and low process temperature and trace heating circuit failure may be required. When conditions or the job specification require it, electronic controls should be used. Systems will often be provided with continuity, earth fault, and system diagnostic alarms and high-limit temperature switching. Depending on the system requirements, high-limit signals may be configured to operate an alarm and/or to operate the circuit protection device.

7.5 Location of controllers

Electronic controllers are often grouped in a common cabinet that must conform to the requirements of the explosive gas atmosphere classification, if applicable. Consideration should be given to grouping the controllers outside the hazardous area. Where possible, temperature controllers should be sited to allow free and easy access for convenient maintenance and calibration.

7.6 Location of sensors

The number and location of sensors are determined by the requirements of the process design criteria.

- Il convient de positionner les capteurs en des points représentatifs de la température à maintenir.
- Lorsque deux câbles de traçage ou plus se rencontrent ou se rejoignent, il convient que les capteurs soient montés entre 1 m et 1,5 m de la jonction
- Si le réseau à maintenir comprend à la fois des dissipateurs thermiques en ligne ou des sources de chaleur, il convient que le capteur soit placé sur une section du tuyau dans le système approximativement entre 1 m et 1,5 m du dissipateur de chaleur en ligne ou des sources de chaleur.
- Lorsqu'un circuit chauffant de tuyauterie passe au travers de zones de températures ambiantes différentes (par exemple, l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment), deux capteurs et régulateurs associés peuvent être nécessaires pour réguler de façon appropriée les températures de tuyauterie.
- Dans les systèmes de tuyauterie complexe, il faut que les configurations d'écoulement soient évaluées dans toutes les circonstances possibles avant la sélection de l'emplacement du capteur. Des informations détaillées sur cette évaluation sont données en 6.12 et 6.13.
- Il convient que le capteur de température pour la commande soit situé de façon à éviter les effets directs de la température de la résistance de traçage. Il convient que le capteur soit solidement monté pour assurer un bon contact thermique avec l'objet.
- La sensibilité de la température de certains matériaux du processus et de certains types de matériaux de tuyauterie peut justifier, à la fois, un dispositif de commande et un dispositif de limitation de la température élevée. Il convient que le capteur de commande soit placé au moins sur 90° autour de la circonférence de la résistance de traçage. Le capteur de température élevée peut être placé immédiatement à côté de la résistance de traçage avec un point de réglage à la température autorisée maximale du matériel ou du système, moins une marge de sécurité.
- Lorsqu'on utilise un capteur de température élevée pour limiter la température de la gaine en atmosphères explosives gazeuses, le capteur peut être placé directement sur la résistance de traçage, ou placé séparément pour ne pas agir comme dissipateur de chaleur. S'il est situé loin de la résistance de traçage, le point de réglage devra être plus bas que la température de gaine maximale pour compenser le différentiel calculé entre la température du tuyau et la température de la gaine.

7.7 Considérations relatives à l'alarme

7.7.1 Généralités

La fonction essentielle d'un circuit d'alarme est d'alerter le personnel d'exploitation du fait que le système de traçage par résistance peut être en train de fonctionner hors des limites de conception et il convient de ce fait d'en effectuer une vérification pour action corrective éventuelle. Le type et la fonction des divers systèmes d'alarme dépendent des exigences du processus (voir 4.3 et 4.4). Tout ou partie des alarmes peut être incorporé(e) dans le matériel de mesure centralisé. Les dispositifs les plus communs sont énumérés de 7.7.2 à 7.7.4.

7.7.2 Alarme pour circuit de traçage par résistance

Une alarme pour circuit de traçage par résistance est utilisée pour détecter la perte de courant, de tension ou de continuité du circuit de traçage par résistance et comprend ce qui suit (dont l'énumération n'est pas exhaustive):

- a) un dispositif de détection de courant qui surveille le courant de la résistance de traçage et actionne une alarme si le courant chute en dessous d'un minimum préétabli tandis que l'interrupteur thermostatique se ferme;
- b) un dispositif sensible à la tension qui surveille la tension à l'extrémité de la résistance de traçage (habituellement un câble chauffant de type parallèle) ou surveille la tension sur un fil de retour installé dans une résistance de traçage;

- Sensors should be positioned at points that are representative of the maintain temperature.
- Where two or more trace heating cables meet or join, sensors should be mounted 1 m to 1,5 m from the junction.
- If a trace heating circuit includes both piping and in-line heat sinks or heat sources, the sensor should be located on a section of pipe in the system approximately 1 m to 1,5 m from the in-line heat sinks or heat sources.
- Where a pipeline heating circuit runs through areas with different ambient temperatures (such as inside and outside a heated building), two sensors and associated controls may be required to control pipeline temperatures properly.
- In complex piping systems, the material flow patterns must be evaluated for all possible circumstances before selecting the sensor location. Detailed information on this evaluation is given in 6.12 and 6.13.
- The temperature sensor for control should be located to avoid direct temperature effects from the trace heater. The sensor should be securely mounted to insure good thermal contact with the workpiece.
- The temperature sensitivity of certain process materials and certain types of piping materials may warrant both a control and high-limit temperature device. The control sensor should be located at least 90° around the circumference from the trace heater. The high-limit sensor may be located immediately adjacent to the trace heater with a set point at the material or system maximum allowable temperature, minus a safety margin.
- When using a high-limit temperature sensor to limit the sheath temperature in explosive gas atmospheres, the sensor may be located directly on the trace heater, or may be located away from the trace heater so as not to act as a heat sink. If located away from the trace heater, the set point will need to be lower than the maximum sheath temperature to compensate for the calculated differential between the pipe temperature and the sheath temperature.

7.7 Alarm considerations

7.7.1 General

The primary function of an alarm circuit is to alert operating personnel that the trace heating system may be operating outside the design limits and shall therefore be checked for possible corrective action. The type and function of the various alarm systems depend on the requirements of the process (see 4.3 and 4.4). Any, or all, of the alarms may be incorporated in data-logging equipment. Characteristics of the most common devices are listed in 7.7.2 to 7.7.4.

7.7.2 Trace heating circuit alarm

A trace heating circuit alarm is used to detect loss of current, voltage, or continuity of the trace heating circuit, and includes (but is not limited to) the following:

- a) a current-sensing device which monitors the trace heater current and signals an alarm if the current drops below a pre-set minimum whilst the temperature switch is closed;
- b) a voltage-sensitive device, which monitors voltage at the end of the trace heater (usually a parallel-type heating cable) or monitors voltage on a return wire installed within the trace heater;

- c) des dispositifs de détection de la continuité de résistance qui surveillent le circuit de traçage par résistance lorsque le système est mis hors tension. Habituellement, un signal ou une impulsion à basse tension est transmis(e) dans la résistance de traçage et soumis(e) à surveillance.

7.7.3 Alarmes de température

Les alarmes de température sont utilisées pour réaliser les fonctions suivantes.

- a) L'alarme à basse température: celle-ci indique que le système de tuyauterie et donc la température du matériau du processus a baissé en dessous d'un minimum préétabli et que le refroidissement résultant peut se situer à un niveau supérieur au critère de conception du fonctionnement acceptable. L'alarme est incorporée avec un régulateur de température ou installée en tant que dispositif séparé.
- b) L'alarme à haute température: celle-ci indique que le système de tuyauterie et donc la température de matériau du processus a dépassé un maximum de température préétabli et que le réchauffement résultant peut se situer à un niveau supérieur au critère de conception du fonctionnement acceptable. Comme avec l'alarme à basse température, l'alarme est incorporée avec un régulateur de température ou installée en tant que dispositif séparé.

7.7.4 Autres alarmes

D'autres alarmes disponibles comprennent les dispositifs suivants (dont la liste n'est pas exhaustive).

- a) Alarme à contact auxiliaire: celle-ci est utilisée pour indiquer le cas où un contacteur est fermé et où la puissance est fournie au circuit de traçage par résistance. Elle fournit des informations à l'opérateur destinées à confirmer le fonctionnement approprié du contacteur, mais n'assure pas le fonctionnement approprié du circuit de traçage par résistance si un second contacteur est ouvert ou si la résistance de traçage a perdu la continuité.
- b) Dispositifs de protection contre les courants différentiels: ces dispositifs de tension nominale de fonctionnement 120/240 V c.a. et d'un niveau de déclenchement de courant sélectionné unique, sont également disponibles avec des contacts d'alarme. Ces dispositifs surveillent le courant de fuite à la terre du circuit électrique. Si le total dépasse le courant de déclenchement sélectionné du dispositif, celui-ci se déclenchera, en indiquant une défaillance, et provoquera l'interruption de l'alimentation du circuit. De plus, ces dispositifs de surveillance sont disponibles avec une fonction d'alarme seulement.
- c) Alarme actionnée par commutateur: celle-ci est habituellement initialisée par un contact auxiliaire sur le régulateur de température.
- d) Appareil capteur de courant: l'appareil consiste en un commutateur de dérivation du régulateur de température et un ampèremètre; ou des relais et alarmes sensibles au courant.
- e) L'alarme de diagnostic: celle-ci est initiée par un circuit de diagnostic à l'intérieur du régulateur électronique, signalant la défaillance d'une régulation interne ou du circuit logique de traitement de données.

7.7.5 Régulation intégrée

La régulation du système de traçage par résistance et les éléments de circuit d'alarme peuvent nécessiter d'être intégrés avec un système centralisé (maître) de régulation et de surveillance. Il faut porter une attention toute particulière à la sélection de l'équipement qui est compatible à la fois dans les fonctions de régulation et de supervision pour assurer un transfert réussi et fiable des données.

- c) resistance-or continuity-sensing devices which monitor the trace heating circuit when the system is de-energized. Usually, a low-voltage signal or pulse is transmitted into the trace heater and monitored.

7.7.3 Temperature alarms

Temperature alarms are used to perform the following functions.

- a) Low-temperature alarm: this indicates that the piping system and hence the process material temperature has fallen below a pre-set minimum and that subsequent cooling may be beyond acceptable operating design criteria. The alarm is incorporated with a temperature controller or fitted as a separate device.
- b) High-temperature alarm: this indicates that the piping system and hence process material temperature has exceeded a pre-set maximum temperature and that subsequent heating may be beyond acceptable operating design criteria. As with the low-temperature alarm, the alarm is incorporated with a temperature controller or fitted as a separate device.

7.7.4 Other alarms

Other available alarms include (but are not limited to) the following devices.

- a) Auxiliary contact alarm: the alarm is used to indicate when a contactor is closed and power is being supplied to the trace heating circuit. It provides information to the operator to confirm proper operation of the contactor, but does not ensure proper operation of the trace heating circuit if a secondary contactor is open or if the trace heater has lost continuity.
- b) Residual current protective devices: devices with a nominal 120/240 V a.c. operating voltage, and a single, selected current trip level that are also available with alarm contacts. These devices monitor the electrical circuit earth-leakage current. If the total exceeds the selected device's trip current, the device will trip, indicating a failure and interruption of the power to the circuit. Additionally, these monitoring devices are available with an alarm-only function.
- c) Switch-actuated alarm: the alarm is usually initiated by an auxiliary contact on the temperature controller.
- d) Current-sensing apparatus: the apparatus consists of a temperature control bypass switch and an ammeter; or current-sensitive relays and alarms.
- e) Diagnostic alarm: this alarm is initiated by a diagnostic circuit within the electronic controller, signalling failure of an internal control or data processing logic circuit.

7.7.5 Integrated control

Trace heating system control and alarm circuitry may need to be integrated with a central (master) control and monitoring system. Careful consideration shall be given in the selection of equipment that is compatible in both the control and supervisory functions to ensure successful and reliable data transfer.

8 Recommandations pour l'installation

8.1 Introduction

Les systèmes de traçage par résistance électrique sont conçus pour satisfaire aux exigences du processus et du site. Le système comprend un certain nombre de composants intégrés sur le site et il est de ce fait nécessaire de s'assurer que les paramètres utilisés sur le site dans la conception sont toujours valables lorsque le système de traçage par résistance est installé et que les composants sont installés de façon correcte. Les essais et la maintenance appropriés sont essentiels pour assurer une aptitude à la fonction et une sécurité satisfaisante.

8.2 Travaux préparatoires

8.2.1 Généralités

Il convient de mener tous les préparatifs conformément à la documentation de conception, et il y a lieu que chaque article listé ci-après soit vérifié à la fin des travaux.

8.2.2 Planification et coordination

Il convient que l'installation des systèmes de traçage par résistance commence seulement après les essais de pression de toute la tuyauterie et de l'équipement et après l'installation de toute instrumentation afférente. Il convient que la surface sur laquelle doit être installée la résistance de traçage soit exempte de rouille, graisse, huile, etc. Il convient d'enlever toutes les excroissances saillantes, telles que les gouttelettes de soudure, les projections de ciment, etc. Il faut que tous les revêtements et finitions appliqués aux surfaces chauffées soient adaptés au service prévu. Il convient que l'installation du système de traçage par résistance soit coordonnée aux disciplines concernant les instruments, les tuyauteries et l'isolation thermique pour assurer une date d'achèvement prévue. Il convient que la planification de l'installation de l'isolation thermique n'intervienne pas avant que la résistance de traçage électrique ait été complètement installée et vérifiée.

8.2.3 Confirmation de l'équipement

Il convient que l'équipement sur site devant être tracé soit vérifié de façon à ce que la longueur du tuyau et le nombre de récipients, vannes, brides et composants soient conformes aux plans de conception. La quantité de résistance de traçage dépend du nombre de ces articles. Dès qu'un changement est apporté à l'équipement à tracer, il faut que la liste des matériaux des résistances de traçage soit revue.

8.2.4 Réception des matériaux

A réception des composants de traçage par résistance, il convient de réaliser une inspection générale comprenant une confirmation du type correct et des quantités de matériaux et de documentation. Il convient de vérifier toutes les résistances de traçage, à savoir le type par rapport au catalogue, les marquages du produit et de l'emballage, les valeurs nominales de puissance, les caractéristiques nominales de tension, la quantité et les instructions spéciales. De plus, il convient de vérifier, comme exigé, la réception des instructions d'installation et le certificat de conformité ou de déclaration de conformité de la part d'un organisme notifié.

8.2.5 Stockage et manipulation

Il convient que les matériaux soient stockés dans des zones sèches protégées. Les matériaux doivent être mis en circulation seulement quand ils sont requis sur le chantier, de manière à éviter toute manipulation inutile et des dommages commis par inattention.

8 Recommendations for installation

8.1 Introduction

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular process and plant. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to ensure that the plant parameters on which the design is based are still valid when the trace heating system is installed, and also that the components are installed correctly. Appropriate testing and maintenance are essential in order to ensure satisfactory performance and safety.

8.2 Preparatory work

8.2.1 General

All preparation should be conducted in accordance with the design documentation, and every item listed in the following should be checked after completion.

8.2.2 Scheduling and coordination

Installation of the trace heating system should not begin until all piping runs and pieces of equipment have been pressure-tested and all related instrumentation has been installed. The workpiece surface on which the trace heater is to be installed should be free from rust, grease, oil, etc. Any sharp protrusions such as weld splatter, cement splash, etc., should be removed. All coatings or finishes applied to the heated surfaces must be suitable for the intended duty. The installation of the trace heating system should be coordinated with the workpiece, thermal insulation and instrumentation work in order to ensure a scheduled completion date. Scheduling for the installation of thermal insulation should not occur until the electrical trace heating has been completely installed and tested.

8.2.3 Confirmation of equipment

The equipment on site to be traced should be verified such that the length of piping and the number of vessels, valves, flanges and components agree with the design drawings. The amount of trace heating depends on the numbers of these items. Whenever a change is made to the equipment to be traced, the schedule of trace heating materials must be reviewed.

8.2.4 Receiving materials

Upon receipt of trace heating components, a general inspection should be conducted including a confirmation of the correct type and quantities of materials and documentation. All trace heaters should be checked to verify catalogue type, product and package markings, power rating, voltage rating, quantity and special characteristics. In addition, receipt of installation instructions and the certificate of conformity or declaration of conformity from a notified body, as required, should be verified.

8.2.5 Warehousing and handling

Materials should be stored in protected, dry areas. Materials are to be released only as required on the jobsite, so as to avoid any unnecessary handling and inadvertent damage.

8.2.6 Aspects concernant le personnel

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. Il convient que l'installation soit menée sous la supervision d'un électricien qualifié qui a suivi une formation supplémentaire sur les systèmes de résistance de traçage électrique pour une utilisation en atmosphères explosives gazeuses. Seul le personnel formé spécialement doit effectuer les travaux critiques, tels que l'installation de connexions ou de terminaisons.

8.3 Installation des circuits de traçage par résistance

8.3.1 Coordination et vérification de l'équipement

Il convient que les plans et les données de conception des circuits des résistances de traçage soient disponibles pour coordonner le travail d'installation. Avant l'installation, il convient de vérifier la tuyauterie et les autres équipements par rapport aux plans. Tout changement par rapport aux plans peut nécessiter une modification des résistances de traçage. Il convient que l'installation du système de traçage par résistance soit coordonnée aux disciplines concernant les instruments, les tuyauteries et l'isolation thermique pour assurer une date d'achèvement prévue.

Il convient que le fournisseur du système de traçage par résistance fournisse des instructions spécifiques pour les divers types de composants du système. Il convient d'identifier clairement les instructions concernant les composants et les résistances de traçage adaptés et prévus pour l'utilisation dans des emplacements non classés et dangereux.

8.3.2 Essais avant installation

Les essais suivants doivent être réalisés et documentés sur une liste de vérification avant installation et un enregistrement similaire à celui du Tableau 2. Ceci sera utilisé pour déterminer si la conception de la résistance de traçage répond aux conditions d'installation.

- a) Une vérification visuelle des résistances de traçage doit être effectuée en recherchant les dommages. Il convient de faire les vérifications de la continuité et de l'isolation lors d'un contrôle final. Il convient de mesurer la résistance d'isolement conformément à 8.3.4.
- b) Les régulations individuelles doivent être soumises à l'essai pour s'assurer de l'étalonnage correct, y compris les points de réglage, la plage de températures de fonctionnement et leur portée; cette énumération n'étant pas exhaustive.
- c) Aux tableaux de régulation assemblés et fabriqués par le vendeur doit être jointe la documentation certifiant que tous les câblages, la disposition et les fonctions sont corrects et qu'ils ont fait l'objet d'essais. A réception des tableaux de commande sur le site d'exploitation, une inspection générale doit être effectuée pour confirmer également qu'aucune détérioration n'est intervenue lors du transport.

8.3.3 Examen visuel

Les résistances de traçage doivent être totalement exemptes de dommages physiques. Il faut que les connexions pré-assemblées en usine soient suffisamment robustes pour supporter les conditions normalement attendues pendant l'installation.

8.3.4 Essai de résistance d'isolement

La résistance d'isolement doit être mesurée aussi bien pour les conducteurs des résistances de traçage, que pour les tresses métalliques, gaines métalliques ou autre matériel conducteur équivalent, avec une tension d'essai minimale de 500 V c.c. Cependant, il est fortement recommandé d'utiliser des tensions d'essai plus élevées – il convient de faire des essais sur les résistances de traçage à isolation minérale sans dépasser 1 000 V c.c. et pour les résistances de traçage à isolation polymère 2 500 V c.c. La valeur mesurée ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

8.2.6 Personnel aspects

Persons involved in the installation and testing of electric trace heating systems should be suitably trained in all special techniques required. Installation should be carried out under the supervision of a qualified electrician who has undergone supplementary training in electric trace heating systems for use in explosive gas atmospheres. Only specially trained personnel shall carry out especially critical work, such as the installation of connections and terminations.

8.3 Installation of trace heating circuits

8.3.1 Coordination and equipment verification

The workpiece drawings and design data of the trace heating circuits should be available for coordinating the installation work. Prior to installation, the as-built piping and other equipment should be checked against the workpiece drawings. Any changes compared with the drawings may necessitate modification of the trace heaters. The installation of the trace heating system should be coordinated with the piping, thermal insulation and instrument disciplines to ensure a scheduled completion date.

The supplier of the trace heating system should provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components. Instructions for components and trace heaters suitable and intended for unclassified and explosive gas atmospheres use shall be clearly identified.

8.3.2 Pre-installation testing

The following tests shall be performed and documented on a pre-installation checklist and record similar to that of Table 2. This shall also be used to determine whether the trace heating design matches the installation conditions.

- a) Trace heaters shall be visually checked for damage. Continuity and insulation checks should be made as a final check. Insulation resistance should be measured in accordance with 8.3.4.
- b) Individual controls shall be tested to ensure correct calibration including, but not limited to, set points, operating temperature range and span.
- c) Vendor fabricated and assembled control panels shall include documentation certifying that all wiring, layout and functions are correct and have been tested. Upon receipt of the control panels at the work site, a general inspection shall be made to confirm also that no damage has occurred in transit.

8.3.3 Visual examination

The trace heaters shall be completely free of physical damage. Connections preassembled at the factory must be sufficiently rugged to withstand normally expected conditions during installation.

8.3.4 Insulation resistance test

Insulation resistance shall be measured from trace heater conductors to metallic braid, metallic sheath, or other equivalent electrically conductive material with a minimum 500 V d.c. test voltage. However, it is strongly recommended that higher test voltages be used – mineral insulated trace heaters should be tested at, but not exceeding, 1 000 V d.c., and polymeric insulated trace heaters should be tested at 2 500 V d.c.. The measured insulation resistance shall not be less than 20 MΩ.

8.3.5 Substitution de composant

Les composants d'un système de résistance de traçage peuvent être remplacés si les conditions suivantes sont remplies:

- a) les composants spécifiquement listés dans les instructions d'installation ou de maintenance du fournisseur ne doivent pas être remplacés par des pièces similaires à moins que les composants fassent partie de la certification ;
- b) les composants spécifiés dans les instructions d'installation ou de maintenance peuvent être remplacés par tout composant convenablement assigné ;
- c) les composants faisant partie d'un système de câblage qui fournit une alimentation à la résistance de traçage peuvent être remplacés par tout composant convenablement assigné acceptable pour l'autorité compétente.

8.3.6 Détermination de l'emplacement pour l'alimentation électrique

On déterminera l'endroit de l'alimentation électrique avant l'installation de la résistance de traçage. Les boîtes de raccordement doivent être montées de façon à ce que la résistance de traçage ne soit pas endommagée entre le point auquel elle émerge de l'isolation et le point d'entrée dans la boîte de raccordement.

Tableau 2 – Contrôles de pré-installation

Eléments soumis au contrôle		Remarques
1	La tuyauterie est-elle totalement montée et soumise aux essais et tous les supports temporaires sont-ils enlevés? La surface à chauffer est-elle exempte de tout bord tranchant, de gouttelettes de soudure et de surfaces rugueuses?	Tout soudage ou essai de pression après l'installation d'une résistance de traçage pourrait endommager le dispositif Voir 8.2.2, 8.3.7.1 et 8.4.1
2	La surface sur laquelle doit être appliquée la résistance de traçage est-elle en acier normal ou non métallique?	Si la surface est en acier inoxydable, un tuyau à paroi très mince ou non métallique de quelque nature que ce soit, des précautions particulières peuvent être nécessaires
3	Est-ce que les éléments à chauffer correspondent en taille, position, etc. avec la conception?	Il est parfois difficile d'être sûr que c'est le tuyau correct qui est chauffé. Un système de numérotation de conduites adapté peut être utile
4	A-t-on spécifié qu'une feuille intérieure doit être installée avant l'application de la résistance de traçage?	Ceci peut être utilisé pour aider la distribution de chaleur
5	A-t-on spécifié qu'une feuille intérieure doit être installée après l'application de la résistance de traçage?	On peut l'utiliser pour éviter que l'isolation n'entoure la résistance de traçage ou bien aider à la distribution de chaleur
6	L'écoulement de produit dans des conditions normales ou anormales peut-il atteindre des températures supérieures à celles que ne peut supporter la résistance de traçage?	Cette question est normalement traitée lors de l'étape de conception; cependant, des discussions approfondies avec le personnel du site peuvent révéler l'utilisation d'informations incorrectes ou périmées
7	La documentation la plus récente sur le système de traçage des résistances (dessins de travail, conception, et instructions) est-elle disponible ?	Il convient de n'envisager aucun changement sans référence au concepteur du système de traçage par résistance étant donné que des calculs rigoureux sont nécessaires pour assurer un fonctionnement en toute sécurité
8	Des tuyaux ou des surfaces peuvent-ils être étendus ou réduits, de manière à causer une contrainte sur toute partie de l'installation de traçage par résistance?	Dans ce cas, il est nécessaire de prendre des précautions pour éviter des dommages
9	Des capteurs de régulateurs thermiques peuvent-ils être affectés par des influences externes?	Un circuit chauffant adjacent pourrait affecter le capteur
10	La résistance de traçage doit-elle être en spirale ou en zigzag sur la tuyauterie, conformément à la conception?	Vérifier la charge théorique par unité de longueur du tuyau (ou zone de surface) pour déterminer si l'application en spirale ou en zigzag est nécessaire

8.3.5 Component substitution

Components of a trace heating system may be substituted if the following conditions are met:

- a) components specifically listed in the supplier's installation or maintenance instructions shall not be substituted with similar parts unless the components are part of the certification;
- b) other components specified in the supplier's installation or maintenance instructions may be substituted with any suitably rated component;
- c) components that are part of a wiring system that supplies power to the trace heater may be substituted with any suitably rated component acceptable to the authority having jurisdiction.

8.3.6 Determination of power supply location

The power supply location shall be determined prior to installation of the trace heating. The junction boxes shall be mounted in such a way that the trace heater cannot suffer damage between the point at which it emerges from the insulation and the point of entry into the junction box.

Table 2 – Pre-installation checks

Items to be checked		Remarks
1	Is the workpiece fully erected and tested and all temporary supports removed? Is the surface to be heated free from sharp edges, weld spatter and rough surfaces?	Any welding or pressure testing after the installation of a trace heater could damage the device See 8.2.2, 8.3.7.1 and 8.4.1
2	Is the surface upon which the trace heater is to be applied normal steel or non-metallic?	If the surface is of polished stainless steel, very thin-walled pipe or non-metallic of any kind, special precautions may be necessary
3	Do the items to be heated correspond in size, position, etc. with the design?	It is sometimes difficult to be sure that the correct pipe is being heated. A suitable line numbering system may be of assistance
4	Has it been specified that metallic foil be installed before the application of the trace heater?	This may be used to aid heat distribution
5	Has it been specified that metallic foil be installed after the application of the trace heater?	This may be used to prevent insulation from surrounding the trace heater or to aid heat distribution
6	Can flow of product under normal or abnormal conditions reach temperatures greater than those that the trace heater can withstand?	This would normally be covered in the design stage; however, further discussion with staff at the plant may show that incorrect or out-of-date information has been used
7	Is the trace heating system most recent documentation (working drawings, designs, and instructions) available?	No change shall be contemplated without reviewing the trace heating system documentation, as careful calculations are necessary to ensure safe operation
8	Can pipes or surfaces expand and contract so as to cause stress on any part of the trace heating installation?	In this case precautions are necessary to avoid damage
9	Can sensors of temperature controllers be affected by external influences?	An adjacent heating circuit could affect the sensor
10	Is the trace heater to be spiralled or zig-zagged onto the workpiece, according to the design?	Check design loading per unit length of pipe (or surface area) to determine if spiral or zig-zag application is necessary

Tableau 2 (suite)

Éléments soumis au contrôle		Remarques
11	Les terminaisons froides, une fois installées, sont-elles adaptées au contact avec la surface chauffée?	Si les terminaisons froides sont placées sous le calorifugeage, elles doivent être en mesure de résister à la température
12	La tuyauterie est-elle suspendue à un porte-tuyaux?	Dans ce cas, des précautions spéciales sont nécessaires pour assurer la résistance aux intempéries du calorifugeage aux points de suspension
13	La tuyauterie a-t-elle son complément entier de supports?	L'ajout de supports intermédiaires à une étape ultérieure pourrait endommager le système chauffant
14	Des conduites de purge/conduites d'échantillonnage, etc. se trouvent-elles sur le site mais pas sur les schémas?	Celles-ci pourraient obstruer ou empêcher l'installation de la résistance de traçage et il peut être nécessaire de le mentionner par résistance
15	D'autres paramètres sont-ils utilisés dans la conception de l'équipement tels que les supports de tuyau selon la spécification de la documentation de conception?	
16	Les résistances de traçage, les régulateurs, les boîtes de raccordement, les interrupteurs, câbles, entrées de câble, etc., sont-ils adaptés au classement de zones dangereuses et aux conditions d'environnement et sont-ils protégés contre la corrosion et l'infiltration de liquides et de matières particulières?	

8.3.7 Installation des résistances de traçage

8.3.7.1 Généralités

Il convient que les résistances de traçage soient attachées à la tuyauterie et à l'équipement conformément aux instructions du fournisseur, sur une portion propre, lisse de l'équipement. Il convient d'accorder un soin particulier aux brides, vannes et autres installations afin d'orienter les résistances de traçage de manière à éviter les dommages provenant de surfaces à arêtes vives ou ébréchées, ainsi que des dommages dus aux chocs, à l'abrasion ou aux vibrations. Il convient d'effectuer une vérification pour s'assurer que le câble, la ou les terminaisons et la ou les connexions froides peuvent s'adapter à tout mouvement et vibration de la tuyauterie et de l'équipement.

Il convient que l'installateur comprenne l'importance de la distribution de chaleur uniforme de la tuyauterie et autre équipement par la résistance de traçage, en sachant qu'un équipement avec une masse ou des dissipateurs de chaleur plus importants nécessitent un traçage supplémentaire. Il convient d'installer la résistance de traçage de façon à fournir un contact aussi intime qu'il est raisonnablement possible par rapport à la surface à chauffer. Lorsqu'un tel contact n'est pas possible, comme sur les vannes, on peut utiliser un dissipateur thermique adapté avec feuille de métal à température assignée ou de matériaux conducteurs de la chaleur.

Il convient de ne pas plier ou tordre la résistance de traçage, ni de permettre un recouvrement, un croisement ou un contact sur elle-même, sauf autorisation spécifique figurant dans les instructions du fournisseur. Il convient d'être attentif aux rayons de courbure minimaux du fournisseur.

Dans l'installation des systèmes de résistance de traçage, seules des pièces d'origine doivent être utilisées. Sinon la certification du système ne sera pas valide.

Table 2 (continued)

Items to be checked		Remarks
11	Are cold leads, when fitted, suitable for contact with the heated surface?	If the cold lead is to be buried under the insulation, it has to be able to withstand the temperature
12	Is the pipework hung from a pipe rack?	In this case, special precautions are required to ensure the weatherproofing of the insulation at points of suspension
13	Does pipework have its full complement of supports?	The addition of intermediate supports at a later stage could damage the heating system
14	Are sample lines/bleed lines, etc. at the plant but not on drawings?	These could obstruct or prevent the fitting of the trace heater, and a review of the trace heating system documentation may be necessary
15	Are other parameters used in the design of the equipment, such as pipe supports, specified by the design documentation?	
16	Are the trace heaters, controllers, junction boxes, switches, cable glands, etc., suitable for the explosive gas atmosphere classification and the environmental conditions and are they protected as necessary against corrosion and the ingress of liquids and particulate matter?	

8.3.7 Installation of trace heaters

8.3.7.1 General

Trace heaters should be attached to the piping and equipment in accordance with the supplier's instructions, on a clean, smooth portion of the equipment. Special care should be taken at flanges, valves and other fittings to orient trace heaters in such a manner as to avoid damage from sharp or jagged surfaces, as well as damage due to impact, abrasion or vibration. A check should be made to ensure that the trace heater, termination(s) and cold lead(s) can accommodate movement and vibration of the piping and equipment.

The installer should understand the importance of the tracing system to provide uniform heating of the piping and other equipment, noting that equipment with greater mass or heat sinks will require additional tracing. A trace heater should be installed to provide as intimate a contact as is reasonably possible to the surface to be heated. Where such contact is not possible, such as on valves, a suitable heat-conductive covering of temperature rated metal foil or other heat-conducting materials may be used.

The trace heater should not be folded, twisted, or allowed to overlap, cross or touch itself unless this is specifically permitted in the supplier's instructions. Attention should be given to the supplier's minimum bending radii.

In the installation of trace heating systems, only genuine components may be used. Otherwise the system certification will not apply.

8.3.7.2 Parcours de traçage linéaire sur tuyau

Il convient d'espacer de façon égale les résistances de traçage multiples en ligne droite, autour de la circonférence du tuyau. Il convient de fournir des longueurs supplémentaires de résistance de traçage pour compenser les pertes thermiques supplémentaires aux points de support, de suspension, d'ancrage des tuyaux.

8.3.7.3 Parcours de traçage en spirale sur tuyau

Il convient d'effectuer le marquage du pas de spire sur le tuyau et l'équipement avant d'appliquer le câble en une spirale uniforme, débutant au point d'alimentation et en maintenant une légère tension dans la résistance de traçage au moment où on l'applique. Il convient que l'espacement ne soit, en aucune circonstance, inférieur au minimum déclaré par le fournisseur.

Il convient que les parcours de traçage en spirale s'appliquent de telle façon que les vannes, etc., puissent être retirées et remplacées. Si on constate un excès ou une insuffisance de la résistance de traçage à l'extrémité de la section à chauffer, il convient de raccourcir ou d'allonger le pas de spire, afin de conserver une spirale uniforme, en conformité avec la conception.

NOTE Alors que le traçage en spirale peut être plus pratique sur des parcours réduits ou des tuyauteries et des équipements, on peut privilégier des parcours de traçage multiples droits pour faciliter l'installation et la maintenance.

8.3.7.4 Equipement en ligne tel que des vannes

Il convient d'autoriser des longueurs supplémentaires de résistance de traçage dans la conception afin de compenser les pertes thermiques supplémentaires au niveau des vannes, brides, filtres, pompes, etc. il convient d'appliquer ces longueurs conformément aux instructions du fournisseur.

Il convient d'installer les résistances de traçage de sorte qu'elles puissent être retirées pour permettre le remplacement des joints (comme des joints à brides) et le fonctionnement de l'équipement en ligne sans dommage (comme les vannes, les éléments filtrants des filtres). Lorsque des résistances de traçage croisent des sources éventuelles de fuites, par exemple, des brides, il convient de les placer de sorte d'éviter le contact avec le milieu d'où provient la fuite.

8.3.7.5 Fixation et cerclage

Il convient que les matériaux de fixation soient adaptés à la température d'exposition maximale et aux conditions d'environnement. S'agissant des parcours de traçage droits, il convient de les placer à intervalles ne dépassant pas 300 mm, et pour les parcours de traçage en spirale, ne dépassant pas 2 000 mm. Il convient d'appliquer des fixations supplémentaires aux courbures, brides et autres obstacles.

NOTE Il convient d'utiliser des bandes métalliques uniquement pour fixer les résistances de traçage à gaine de métal solide aux tuyauteries et équipements, et de serrer en vue de maintien du contact avec la surface à chauffer. Le fait de trop serrer peut endommager la résistance de traçage.

8.3.7.6 Essai de résistance à l'isolation des câbles de traçage

La procédure d'essai de 8.3.4 doit être suivie pour tous les câbles après installation.

8.3.8 Connexions et terminaisons

Il est essentiel que tous les types de résistances de traçage soient équipés des terminaisons adéquates. Il convient que les terminaisons réalisées sur le site d'exploitation suivent rigoureusement les instructions du fournisseur. Il convient d'inspecter les équipements dont la terminaison est effectuée en usine pour s'assurer que lesdites terminaisons sont complètes, soumises à un étiquetage et un marquage appropriés en conformité à l'Article 6 de la CEI 60079-30-1. Il est important que l'installateur revoie les certifications, les températures des connexions et des terminaisons et leur adéquation aux conditions de fonctionnement.

8.3.7.2 Straight tracing runs on pipe

Multiple straight trace heaters should be equally spaced around the circumference of the pipe. Additional lengths of trace heater should be provided to compensate for the additional heat losses at pipe supports, hangers, anchors, etc.

8.3.7.3 Spiral tracing runs on pipe

Spiral pitch marking should be made on the pipe and equipment before applying the trace heater in a uniform spiral, starting at the power supply point and maintaining slight tension in the trace heater as it is applied. In no circumstances should the spacing be less than the minimum declared by the supplier.

Spiral tracing runs should be applied in such a way that valves, etc., can be easily removed or replaced. If excess or insufficient trace heater exists at the end of the section to be heated, the spiral pitch should be shortened or lengthened to retain a uniform spiral generally in accordance with the design.

NOTE While spiral tracing may be more convenient on short runs of piping and equipment, multiple straight tracing runs may be preferred for ease of installation and maintenance.

8.3.7.4 Inline equipment such as valves

Additional lengths of trace heater should be allowed in the design to compensate for the additional heat losses at valves, flanges, strainers, pumps, etc. These lengths should be applied in accordance with the supplier's instructions.

Trace heating should be installed in such a way that it can be removed to allow replacement of seals (such as gaskets at flange joints) and servicing of the inline equipment (such as valves and filters for strainers) without damage. Where trace heaters cross possible sources of leaks, for example, flanges, they should be positioned to minimize contact with the leaking medium.

8.3.7.5 Fixing and banding

Fixing materials should be suitable for the maximum exposure temperature and the environmental conditions. For straight tracing runs, they should be located at intervals not exceeding 300 mm, and for spiral tracing runs, not exceeding 2 000 mm. Additional fixings should be applied at bends, flanges and other obstructions.

NOTE Metal bands should only be used to fix solid metal sheath trace heaters to piping and equipment, and tightened to maintain contact with the surface to be heated. Overtightening may damage the trace heater.

8.3.7.6 Trace heaters insulation resistance test

The test procedure from 8.3.4 shall be conducted on all trace heaters after installation.

8.3.8 Connections and terminations

It is essential that all types of trace heaters are terminated correctly. Connections and terminations completed at the worksite should carefully follow the supplier's instructions. Factory terminated equipment should be inspected to ensure that such terminations are complete, properly tagged and/or marked in conformity to Clause 6 in IEC 60079-30-1. It is important for the installer to review the certifications, the temperature ratings of the connections and terminations, and their suitability for the operating conditions.

Il convient de vérifier les résistances de traçage en série destinées à une terminaison sur site, avant installation, afin de s'assurer que les longueurs installées correspondent à la longueur et à la charge théorique. Lorsque la terminaison des câbles à isolation minérale est effectuée sur le chantier, il convient de sceller immédiatement les extrémités découpées pour prévenir toute infiltration d'humidité. S'agissant des résistances de traçage pour circuit en parallèle, il convient de ne pas dépasser les recommandations du fournisseur relatives à la longueur totale de circuit.

8.3.8.1 Kits de connexion

Il convient d'installer en toute sécurité le raccord d'extrémité de borne d'une résistance de traçage selon les instructions du fournisseur et de le protéger pour éviter les dommages physiques et l'infiltration d'eau ou d'autres contaminants qui peuvent affecter défavorablement son utilisation ou son aptitude.

8.3.8.2 Boîtes de raccordement

Les circuits des résistances de traçage doivent être connectés dans des boîtes qui sont certifiées pour les méthodes de protection appropriées, et qui ont un niveau de protection adapté contre la pénétration. Il convient que les boîtes de raccordement soient situées aussi près que possible du point de sortie de la résistance de traçage, en ne prévoyant aucune extension de tuyau. Il convient que les couvercles des boîtes de raccordement ne restent pas ouverts à tout moment.

8.3.8.3 Terminaisons froides

Il convient d'effectuer des vérifications en s'assurant que les joints sont étanches à l'eau, si applicable, et que la liaison à la terre est correcte. Il convient que les terminaisons froides, si on les utilise, émergent toujours de l'isolation thermique environnante de manière à rendre impossibles l'infiltration d'eau ou d'autres contaminants. Il convient de protéger les terminaisons froides lorsqu'elles sortent à travers l'isolation thermique.

Il convient d'installer ou de modifier les terminaisons froides sur le site en respectant rigoureusement et uniquement les instructions et conditions d'utilisation du fournisseur spécifiées par les certifications. Ce genre de travail effectué en atmosphères explosives gazeuses peut invalider la certification de la résistance de traçage. Lorsque les terminaisons froides ont été raccordées aux résistances de traçage à gaine métallique au moyen de soudure ou brasure, il convient de ne plier ni les résistances de traçage ni la terminaison froide à proximité de la brasure.

8.3.8.4 Entrées de câble et presse-étoupes

Les joints et/ou les presse-étoupes des résistances de traçage doivent être certifiés. Les presse-étoupes doivent être complètement vissés dans la boîte et une compression doit être appliquée pour fournir une étanchéité complète. Les entrées inutilisées doivent être obturées à l'aide de bouchons adaptés. Si des entrées non filetées sont utilisées, la taille de l'entrée doit fournir un dégagement suffisant pour la partie filetée du presse-étoupe, en serrant l'écrou arrière contre une rondelle d'étanchéité compressible afin de rendre étanche le presse-étoupe sur l'enveloppe.

Il convient que les terminaisons de conducteur (voir 8.3.8.9) ne soient pas complétées avant que toutes les autres connexions et la terminaison de fin n'aient été assemblées et que l'essai de résistance de l'isolation du circuit (8.3.8.8) ne soit mené.

Series resistance trace heaters intended for site termination should be checked before installation to ensure that the installed lengths correspond to the design length and loading. When mineral insulated trace heaters are terminated at the job site, the cut ends should be sealed immediately to prevent any moisture ingress. For parallel circuit trace heaters, the total circuit length should not exceed the supplier's recommendations.

8.3.8.1 Connection kits

The connection kits of a trace heater should be securely fitted in accordance with the supplier's instructions, protected to prevent physical damage, and positioned to prevent the ingress of water or other contaminants that could adversely affect its use or suitability.

8.3.8.2 Junction boxes

Trace heating circuits shall be connected into boxes that are certified for the appropriate methods of protection, and that have suitable ingress protection. Junction boxes should be located as closely as possible to the trace heater exit point while allowing for any pipe expansion. Junction box lids should not be left open at any time.

8.3.8.3 Cold leads

Checks should be made to ensure that the joints are waterproof, where applicable, and the bond to earth is valid. Cold leads, if used, should always emerge from the surrounding thermal insulation in such a way that ingress of water or other contaminants is not possible. Cold leads should be protected where they exit through thermal insulation.

Cold leads shall be fitted or modified on site only in strict accordance with the supplier's instructions and conditions of use as specified by the certifications. Where cold leads have been jointed to metal sheathed trace heaters by means of soldering or brazing, neither the trace heaters nor the cold lead should be bent near a brazed joint.

8.3.8.4 Trace heater entries and glands

Seals and/or glands supplied with trace heaters shall be certified. Glands shall be fully screwed into the box and compression applied to provide a complete seal. Unused entries shall be blanked off with suitable plugs. If unthreaded entries are used, the entry size shall provide sufficient clearance for the threaded section of the gland, with the gland backnut tightened against a compressible sealing washer to seal the gland in the enclosure.

Conductor terminations (8.3.8.9) should not be completed until after all other connections and the end termination have been assembled and the circuit insulation resistance test (8.3.8.8) is conducted.

8.3.8.5 Exigences pour la mise à la terre

Les exigences pour la mise à la terre comprennent ce qui suit .

- a) Le revêtement externe métallique, la tresse métallique ou autre matériau conducteur équivalent à de la résistance de traçage doit être relié au système de mise à la terre pour fournir un courant efficace.
- b) Dans les applications où le cheminement à la terre est dépendant du revêtement métallique, de la tresse métallique, ou d'un autre matériau conducteur équivalent, la résistance chimique du matériau doit être considérée si une exposition à des vapeurs ou liquides corrosifs est probable.
- c) Les gaines et tresses en acier inoxydables ont généralement une résistance élevée et peuvent ne pas fournir de cheminement à la terre efficace. Il convient de considérer d'autres moyens de mise à la terre ou une protection supplémentaire.

8.3.8.6 Raccordement, épissure et modifications

Il convient d'effectuer le raccordement, l'épissure et les modifications de la résistance de traçage sur le site uniquement en stricte conformité avec les instructions du fournisseur. Un tel travail sur les résistances de traçage en atmosphère explosive gazeuse peut invalider la certification des atmosphères explosives gazeuses. Ceci s'applique en particulier à toute modification apportée à la résistance de traçage, lorsque tout changement dans l'unité de longueur modifie la densité de puissance de la résistance et affecte la température de la gaine. Les modifications doivent être consignées dans la documentation du système.

8.3.8.7 Terminaisons

Le raccord d'extrémité de borne d'une résistance de traçage doit être installé en toute sécurité selon les instructions du fournisseur et protégé pour éviter les dommages physiques et l'infiltration d'eau ou d'autres contaminants qui peuvent affecter défavorablement son utilisation ou son aptitude.

8.3.8.8 Essai de résistance de l'isolation du circuit

La procédure d'essai de 8.3.4 doit être menée sur tous les circuits de résistance de traçage après installation.

8.3.8.9 Terminaisons de conducteur

Les bornes doivent être de taille et de valeurs assignées suffisantes pour accepter les conducteurs, qui peuvent être des fils solides ou torsadés ou encore des feuilles. Il convient d'être attentif à ne pas provoquer de dommages sur les conducteurs en dénudant l'isolation.

Les connecteurs de type à compression ou à sertis et les férules doivent être d'une taille correcte et d'un type approuvé pour le conducteur en question. Les outils de compression doivent être adaptés aux types spécifiques de raccord et en bon état.

Les résistances de traçage qui ont été installées et non terminées doivent être étanches pour éviter l'apparition d'humidité et être protégées des dommages en attendant la réalisation de la terminaison.

8.3.8.10 Préparation de la documentation

Le type, la longueur et les données électriques de chaque résistance de traçage doivent être notés pour être insérés dans la documentation finale. Les points de connexion doivent être enregistrés pour entrer dans les diagrammes d'instrumentation et de tuyauterie.

8.3.8.5 Earthing requirements

Earthing requirements include the following:

- a) The outer metallic covering, metallic braid, or other equivalent electrically conductive material of the trace heater shall be bonded to the earthing system to provide for an effective ground path.
- b) In applications where the primary ground path is dependent on the metallic covering, metallic braid, or other equivalent electrically conductive material, the chemical resistance of the material shall be considered if exposure to corrosive vapours or liquids might occur.
- c) Stainless steel type braids and sheaths typically have high resistance and may not provide effective ground paths. Consideration should be given to alternative grounding means or supplemental grounding protection.

8.3.8.6 Jointing, splicing and modifications

Jointing, splicing and modifications to the trace heater shall be carried out on site only in strict accordance with the supplier's instructions. Any such work on trace heaters in explosive gas atmospheres may invalidate the explosive gas atmospheres certification. This applies particularly to any modifications to trace heaters where any change in unit length will alter the power density of the trace heater and affect the sheath temperature. Modifications shall be recorded in the system documentation.

8.3.8.7 End terminations

The end termination of a trace heater shall be securely fitted in accordance with the supplier's instructions and protected to avoid mechanical damage and the ingress of water or other contaminants that may adversely affect its use or suitability.

8.3.8.8 Trace heater circuit insulation resistance test

The test procedure from 8.3.4 shall be conducted on all trace heater circuits after installation.

8.3.8.9 Conductor terminations

Terminals shall be of sufficient size and rating to accept the conductors, which may be solid or stranded wires or foils. Care should be taken in stripping back insulation to avoid damaging the conductors.

Crimp or compression type connectors and ferrules shall be of the correct size and of an approved type for the conductor concerned. Compression tools shall be suitable for the specific types of fittings and be in good condition.

Trace heaters that have been installed and not terminated shall be sealed to prevent ingress of moisture and shall be protected from damage pending completion of the termination.

8.3.8.10 Preparation of documentation

The type, length and electrical data of each trace heater shall be noted for inclusion in the final documentation. The connection points shall be recorded for entry in the piping and instrumentation diagrams.

8.4 Installation de l'équipement de régulation et de surveillance

8.4.1 Généralités

L'installateur est habituellement responsable de la fixation des tableaux de commande, de surveillance et de distribution. Ceux-ci fournissent au minimum une protection contre les surintensités et les fuites à la terre, ainsi que des moyens d'isolation. Une forme de régulation ou limitation de la température est habituellement fournie pour assurer des températures respectant la sécurité ou encore pour les besoins d'efficacité énergétique.

8.4.2 Vérification de l'adéquation de l'équipement

Les régulateurs, thermostats, capteurs choisis, et leurs dispositifs doivent répondre aux exigences du système complet en ce qui concerne la température de service, le taux IP (protection contre la pénétration), et la méthode de protection. La certification des systèmes de résistance de traçage peut prescrire l'utilisation de composants spécifiques. Dans ce cas, il est obligatoire d'utiliser uniquement les pièces spécifiées par le fabricant.

8.4.3 Régulateurs thermiques et dispositifs de surveillance

Les capteurs des régulateurs thermiques peuvent s'appliquer au tuyau ou bien mesurer directement la température moyenne. Les capteurs sont généralement des détecteurs de température à résistance, des thermostats à tube capillaire, et des thermocouples. Tous les dispositifs de surveillance de température ou capteurs doivent être conformes à un type de protection normalisé.

Lorsque les capteurs sont installés à la surface, un couplage thermique efficace est essentiel. Le diamètre et la longueur des capteurs peuvent affecter les mesures de température.

L'intrusion de vapeur corrosive et d'eau peut provoquer des défaillances des régulateurs thermiques. Il convient de toujours maintenir fermé le couvercle d'un boîtier de régulateur, avant, pendant et après l'installation, sauf en cas de nécessité d'accès.

8.4.4 Considérations ayant trait au capteur

8.4.4.1 Installation générale du capteur

Il convient d'installer et de placer le capteur selon les instructions du fournisseur. Il est recommandé d'éviter les emplacements de chaleur rayonnée externe, d'apport de chaleur solaire, de décharge de chaleur industrielle ou à proximité d'un bâtiment chauffé. Il convient de prendre soin de s'assurer que le capteur peut détecter les conditions thermiques appropriées dans une zone de traçage par résistance, loin de l'extrémité d'un tuyau ou d'un support de tuyau. Il convient que les régulateurs de détection de la température ambiante soient situés aux endroits les plus exposés de l'installation.

Il convient de fixer le capteur avec un bon contact thermique sur le tuyau ou l'équipement et de le protéger de sorte que l'isolation thermique ne puisse pas être piégée entre le capteur et la surface chauffée. Il convient de faire attention de ne pas endommager le tube capillaire, le thermocouple ou les connexions RTD, ou ne pas déformer le capteur et causer de ce fait une erreur d'étalonnage.

Lorsqu'une détection de température directe du fluide est nécessaire, il convient de placer les capteurs dans des puits thermométriques en des emplacements adaptés, par exemple, au-dessus des niveaux de dépôts potentiels dans les cuves.

On peut faire passer un tube capillaire supplémentaire sous l'isolation thermique, à moins que la longueur totale ne dépasse 1 m, auquel cas le volume du capillaire peut être de nature à affecter défavorablement l'étalonnage.

8.4 Installation of control and monitoring equipment

8.4.1 General

The installer is usually responsible for fixing the control and monitoring and distribution panels. These will, as a minimum, provide over-current and earth-leakage protection as well as means of isolation. Some form of temperature control or limitation is usually provided to ensure safe temperatures or for energy efficiency purposes.

8.4.2 Verification of equipment suitability

The selected controllers, thermostats, sensors, and related devices shall meet the requirements of the overall system with regard to the service temperature, the IP (ingress protection) rating, and the method of protection. The certification of trace heating systems may prescribe the use of specific components. In these cases it is mandatory to use only parts specified by the manufacturer.

8.4.3 Temperature controller and monitoring devices

The sensors of the temperature controllers can either be applied to the pipe or measure the medium temperature directly. The sensors are typically RTDs, capillary tube thermostats, and thermocouples. All temperature monitoring devices or sensors shall comply with a standardized type of protection.

Where sensors are mounted on surfaces, effective thermal coupling is essential. The diameter and length of the sensors can affect the temperature measurement.

Water and corrosive vapour intrusion can cause failure of temperature controllers. The cover or lid of a controller housing should always be closed before, during and after installation, except when required for access.

8.4.4 Sensor considerations

8.4.4.1 General sensor installation

The sensor should be installed and positioned in accordance with the supplier's instructions. The control sensor should not be situated in areas of external radiant heat, solar gain, process heat discharge or close to a heated building. Care should be exercised to ensure that the sensor can sense appropriate temperature conditions within a trace heated zone and away from the end of a pipe or a pipe support. Ambient temperature-sensing controllers should be sited in the most exposed position for the installation.

The sensor should be strapped in good thermal contact with the pipe or equipment and protected so that thermal insulation cannot be trapped between the sensor and the heated surface. Care should be taken not to damage the capillary tube, thermocouple or RTD leads, or to distort the sensor and thereby cause calibration error.

Where direct medium temperature sensing is required, the sensor should be located in thermowells at suitable positions, for example above potential sludge levels in vessels.

Excess capillary tube may be run under the thermal insulation unless the overall length exceeds 1 m, in which case the volume of the capillary may be such as to affect the calibration adversely.

Il convient d'être vigilant en s'assurant que le tube capillaire, le thermocouple ou les connexions RTD sortent de l'isolation thermique de manière à ne permettre aucune infiltration d'humidité.

Dans de nombreux cas, l'emplacement du capteur est défini pendant la phase de conception du système. Les considérations sur la disposition des capteurs sont définies en 7.6. Les sections suivantes décrivent les considérations d'installation pour les méthodes d'installation spécifiques.

8.4.4.2 Installation de capteur pour régulateur thermique

Le capteur du régulateur thermique est installé à la surface du tuyau ou de l'équipement dans un endroit qui fournit une température représentative de tout le circuit. Comme illustré à la Figure 7, le capteur doit être positionné de façon à ne pas être influencé par la température de la résistance de traçage, ou autres facteurs tels que les dissipateurs thermiques et l'apport de chaleur solaire.

8.4.4.3 Installation de capteur pour dispositif de limitation de la température

Le capteur pour le dispositif de limitation de la température est installé à la surface du tuyau ou de l'équipement dans un endroit qui fournit une température représentative de tout le circuit. Pour s'assurer que le régulateur de température de sécurité peut réagir avec précision à la température de surface maximale de la résistance de traçage, il faut porter une attention particulière à l'emplacement, à la méthode de fixation et au point de réglage. Cette méthode d'installation du capteur est basée sur la relation connue entre la température de l'équipement et la température de la gaine pour une puissance émise donnée. Des installations typiques de capteurs de limitation de la température sont présentées à la Figure 7.

Il est important que le régulateur soit réglé pour que la température de la gaine ne dépasse pas la limite de température haute dans les pires conditions (par exemple tension +10 %, traçeur à la limite supérieure de tolérance de puissance de fabrication, résistance hors contact du tuyau/équipement, température élevée, pas de convection externe).

Pour les circuits de résistance de traçage qui sont conçus pour une utilisation avec des dispositifs de régulation de la tension, il peut être nécessaire d'installer des capteurs qui utilisent les méthodes décrites en 8.4.4.4 et 8.4.4.5. Ces méthodes répondent rapidement aux modifications de température de la gaine de la résistance provoquées par une défaillance du dispositif de contrôle de la tension.

Care should be taken to ensure that the capillary tube, thermocouple or RTD leads emerge from the thermal insulation in a manner that will not allow the ingress of moisture.

In many cases the sensor location is defined during the system design phase. Considerations for sensor placement are defined in 7.6. The following sections describe installation considerations for specific installation methods.

8.4.4.2 Sensor installation for temperature controller

The sensor for the temperature controller is installed onto the surface of the pipe or equipment in a position that will provide a temperature representative of the overall circuit. As illustrated in Figure 7, the sensor shall be positioned so as not to be influenced by the temperature of the trace heater, or other factors such as heat sinks and solar gain.

8.4.4.3 Sensor installation for temperature limiting device

The sensor for the temperature limiting controller is installed onto the surface of the pipe or equipment in a position that will provide a temperature representative of the overall circuit. In order to assure that the safety temperature controller can accurately react to the maximum trace heater surface temperature, particular attention must be paid to the location, method of attachment and set point. This method of sensor installation is based on the known relationship between the equipment temperature and the heater sheath temperature at a given power output. Typical temperature limiting sensor installation is indicated in Figure 7.

It is important that the controller is set such that the heater sheath temperature does not exceed the high-limit temperature under worst-case conditions (e.g. voltage +10 %, tracer at upper limit of manufacturing power tolerance, heater out of contact with the pipe/equipment, high ambient, no external convection).

For trace heater circuits that are designed for use with voltage regulating devices, it may be necessary to install the sensors using the methods described in 8.4.4.4 and 8.4.4.5. These methods respond quickly to rapid changes in heater sheath temperatures caused by failure of the voltage control device.

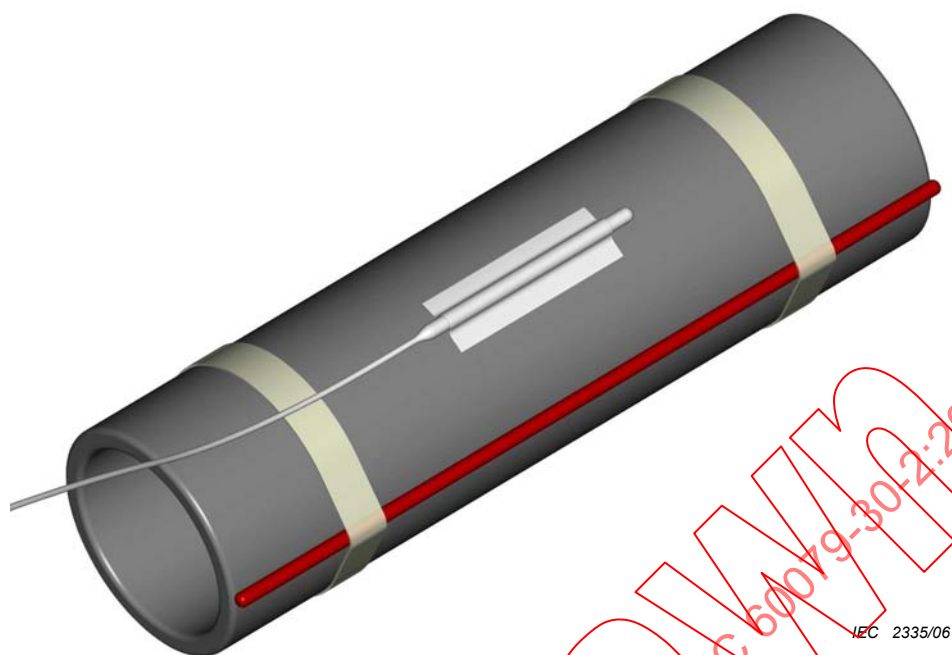


Figure 7 – Installation typique de capteur de commande et capteur pour commande de limitation de la température

8.4.4.4 Dispositif de limitation de température avec capteur à la surface de la résistance de traçage

Dans la Figure 8, le capteur de température est installé directement sur la résistance de traçage et la résistance de traçage est en contact direct avec la surface chauffée. Pour assurer un couplage thermique précis avec la résistance de traçage, il est nécessaire d'installer le capteur avec une feuille métallique ou un composé de transfert de chaleur.

Il est important de vérifier que l'emplacement est représentatif du point le plus chaud. Il faut que les moyens de fixation du capteur à la résistance assurent que celui-ci ne pourra se desserrer avec le temps ou la température, et qu'ils ne se desserrent pas pendant les opérations de maintenance futures.

Cette méthode d'installation du capteur ne mesure pas la partie la plus chaude de la résistance (qui se produit probablement à un point de non-contact avec l'équipement). Il convient de l'utiliser uniquement avec un réglage du régulateur qui se trouve en dessous de la limite de température admissible.

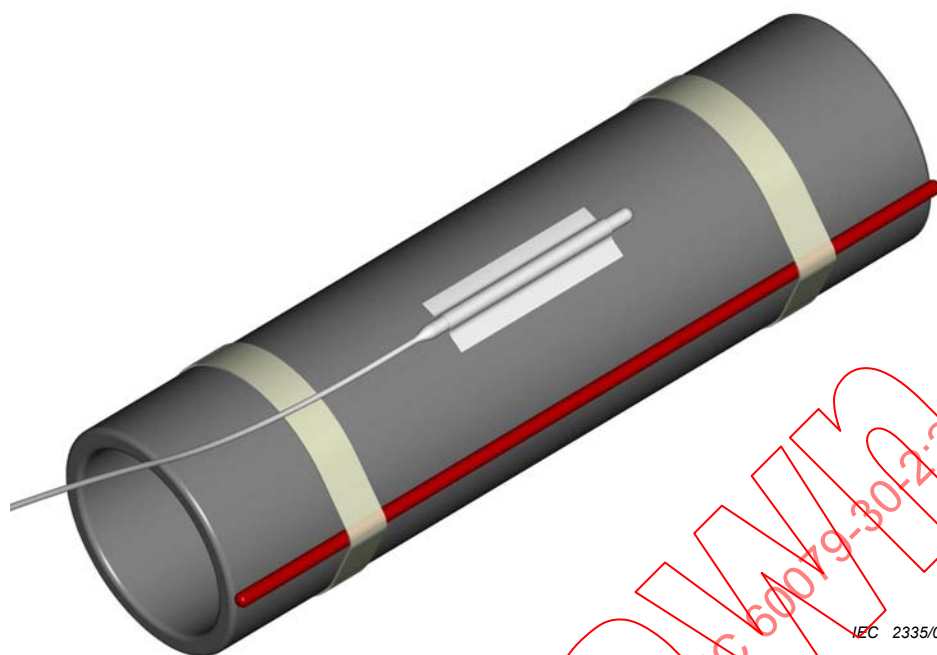


Figure 7 – Typical installation of control sensor and sensor for temperature limiting control

8.4.4.4 Temperature limiting device with sensor on trace heater surface

In Figure 8, the temperature sensor is mounted directly to the trace heater and the trace heater is in direct contact with the surface being heated. To insure accurate thermal coupling with the trace heater, it is necessary to install the sensor with metallic foil tape or heat transfer compound.

It is important to verify that the location is representative of the hottest point. The means to secure the sensor to the heater must insure the sensor cannot loosen with time and temperature exposure, and that it will not be loosened during future maintenance operations.

This method of sensor installation does not measure the hottest part of the tracer (which probably occurs at a point of no contact with the equipment). It should only be used with a controller setting that is below the high-limit temperature.

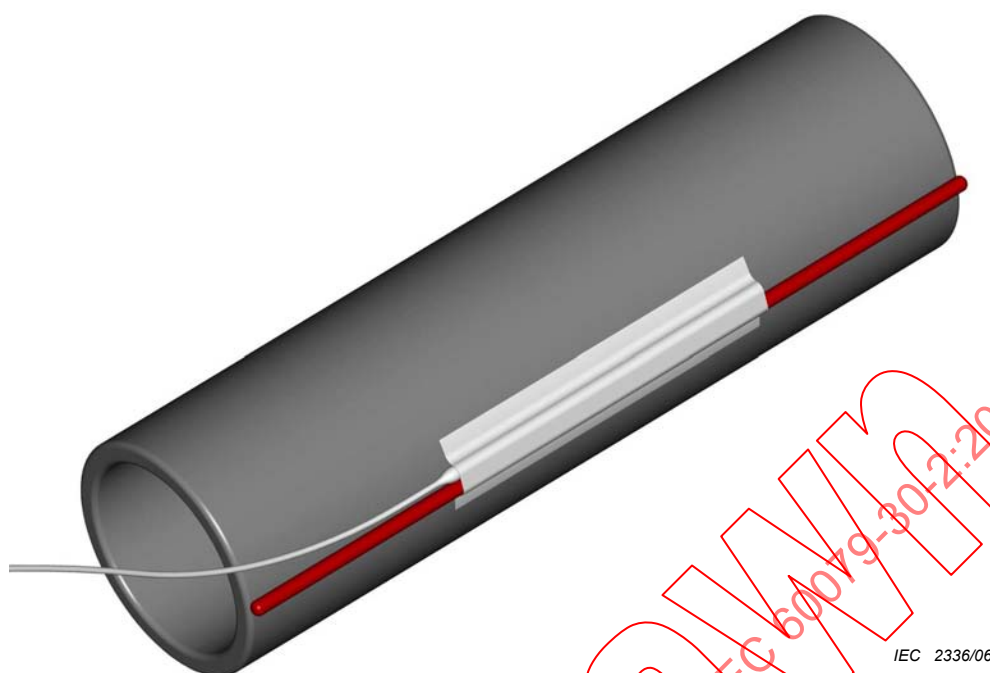


Figure 8 – Capteur de dispositif de limitation à la surface de la résistance de traçage

Cette méthode a l'avantage de minimiser les excès de températures provoqués exclusivement par le point de mesure. Dans certains cas, cependant, la température du point chaud mesuré peut être plus basse que la plus haute température de la gaine en des points ayant un couplage thermique faible entre la résistance de traçage et la surface chauffée. Il faut prendre cela en compte dans le réglage du limiteur de température, comme pour la dissipation de la chaleur du capteur. Ces variances sont une fonction du rapport des masses du capteur et de la résistance de traçage (rapport des diamètres) et de la capacité de chauffage spécifique (W/m).

Le contact direct avec la surface chauffée et l'inertie thermique qui en résulte peuvent rendre nécessaire l'utilisation d'un réglage encore plus bas pour prendre en compte les phénomènes transitoires (par exemple ceux provoqués par des éléments de contact des semiconducteurs défaillants). Dans certains cas, il peut être nécessaire de diviser les circuits complexes en circuits avec des limiteurs de température individuels.

8.4.4.5 Dispositif de limitation de température avec point chaud artificiel

Dans la Figure 9, le capteur est situé pour mesurer un point chaud artificiel destiné à représenter le point le plus chaud du traceur. Cela peut être une méthode alternative adaptée lorsqu'elle est utilisée pour des résistances de traçage en série.

Au cas où la méthode de 8.4.4.4. ne pourrait pas être utilisée de façon fiable pour coordonner la température de surface dans les conditions du système les plus défavorables, la méthode du point chaud artificiel peut apporter une marge supplémentaire de sécurité. Dans ce cas l'isolation thermique est insérée entre la résistance de traçage et la surface chauffée. Le capteur du limiteur de température est alors installé en contact direct avec la résistance de traçage.

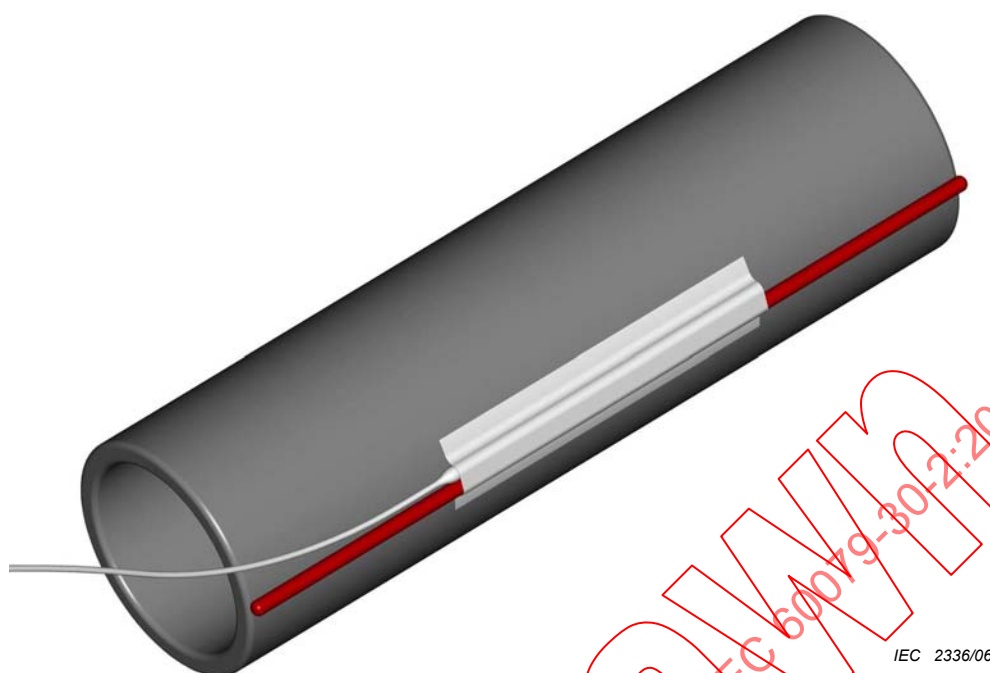


Figure 8 – Limiting device sensor on surface of trace heater

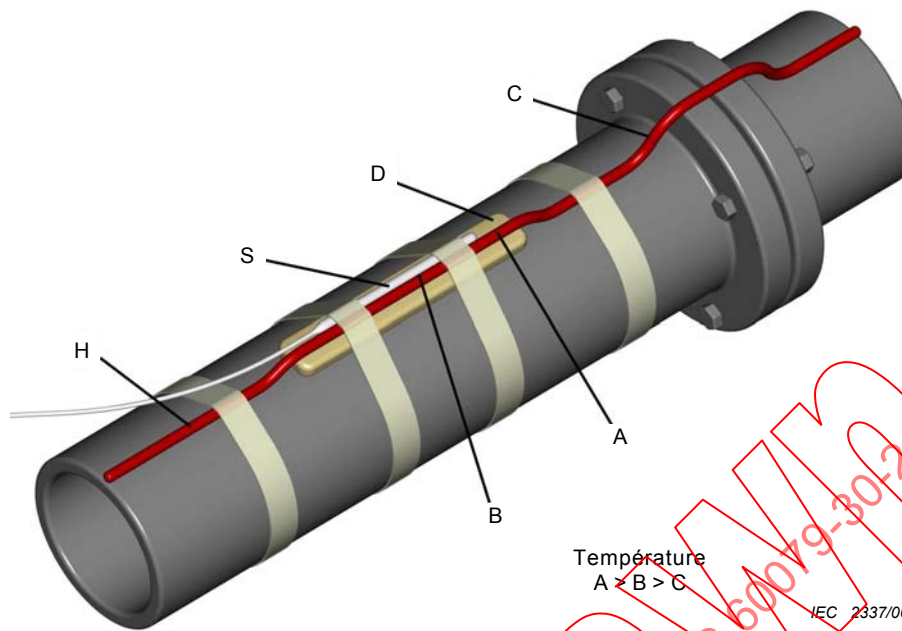
This method has the advantage that it minimizes over-temperature caused exclusively by the measuring point. In some cases, however, the measured hot spot temperature may be lower than the highest trace heater sheath temperatures at points with poor thermal coupling between the trace heater and the heated surface. This must be taken into account in the limiter's temperature setting, just like the sensor's heat dissipation. These variances are a function of the ratio of the masses of the sensor and the trace heater (ratio of the diameters) and of the specific heating capacity (W/m).

The direct contact with the heated surface and the resulting thermal inertia may make it necessary to use an even lower setting in order to take transient phenomena (e.g. those caused by failed semiconductor contact elements) into account. In some cases it may be necessary to divide complex circuits into circuits with individual temperature limiters.

8.4.4.5 Temperature limiting device with artificial hot spot

In Figure 9, the sensor is located to measure an artificial hot spot intending to represent the hottest point of the tracer. This may be a suitable alternative method when used with series trace heaters.

In cases where the method in 8.4.4.4 cannot reliably be utilized to coordinate to the system's worst case surface temperature, the artificial hot spot method can provide some additional margin of safety. In this case thermal insulation is inserted between the trace heater and the surface being heated. The sensor for the temperature limiter is then installed in direct contact with the trace heater.



Légende

- H résistance de traçage
- S capteur de température
- A température du point chaud artificiel
- B température au point de mesure
- C point ayant un couplage thermique faible (point chaud caractéristique)
- D isolation thermique entre la résistance de traçage et la surface chauffée

Figure 9 – Capteur du dispositif de limitation comme point chaud artificiel

Pour garantir que la température au point chaud artificiel est plus élevée que la température de la résistance de traçage au point de couplage thermique faible (température C), l'isolation thermique est environ deux fois plus longue que le capteur. A cause de la dissipation de chaleur inévitable du capteur lui-même, la température B mesurée est plus élevée que la température C, mais plus basse que la température réelle du point chaud A. Cette variance, qui est une fonction du rapport des masses du capteur et de la résistance de traçage (rapport des diamètres) et de la capacité de chauffage spécifique (W/m) est prise en compte dans le réglage du limiteur de température.

L'avantage de cette méthode est son temps de réaction extrêmement court aux dysfonctionnements tels que défaillance du régulateur, défaillance du dispositif de contrôle de la tension, ou surtension. Dans certains cas, il peut être nécessaire de diviser les circuits complexes en circuits avec des limiteurs de température individuels.

8.4.5 Fonctionnement du régulateur, étalonnage et accès

Les réglages des régulateurs de température et des limiteurs de température de sécurité doivent être revus pendant la mise en service. Suivant les possibilités de réglages offertes par les limiteurs de température de sécurité, il faut que ceux-ci puissent être scellés pour éviter les falsifications ou mauvaises manifestations ultérieures.

Le dispositif de commande de température et la boucle du capteur doivent être étalonnés pendant la mise en service. Le régulateur doit être réglé à la température exigée et ré-étalonné si nécessaire. Une vérification fonctionnelle doit être effectuée en réglant l'initialisation de température jusqu'à ce que l'on constate que le régulateur alimente la résistance de traçage.