

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62086-2

Première édition
First edition
2001-03

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses –
Traçage par résistance électrique –**

**Partie 2:
Guide d'application pour la conception,
l'installation et la maintenance**

**Electrical apparatus for explosive
gas atmospheres –
Electrical resistance trace heating –**

**Part 2:
Application guide for design,
installation and maintenance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62086-2:2001

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/catlg-f.htm) 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/JP.htm) 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/catlg-e.htm) 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/JP.htm) 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**

62086-2

Première édition
First edition
2001-03

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses –
Traçage par résistance électrique –**

**Partie 2:
Guide d'application pour la conception,
l'installation et la maintenance**

**Electrical apparatus for explosive
gas atmospheres –
Electrical resistance trace heating –**

**Part 2:
Application guide for design,
installation and maintenance**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Considérations relatives à l'application	10
4.1 Généralités	10
4.2 Zones corrosives	10
4.3 Considérations sur l'installation	10
4.4 Précision de la température du processus	12
5 Isolation thermique	12
5.1 Généralités	12
5.2 Sélection du matériau isolant	14
5.3 Sélection de la protection contre les intempéries (revêtement)	14
5.4 Sélection de l'épaisseur économique	18
5.5 Double isolation	18
6 Conception du système	22
6.1 Introduction	22
6.2 Objet et prescription dominante du traçage	22
6.3 Calculs de perte de chaleur	22
6.4 Considérations relatives au réchauffage	24
6.5 Facteur de sécurité théorique de la perte de chaleur	28
6.6 Sélection de la résistance de traçage	28
6.7 Détermination de la température maximale	30
6.8 Information concernant la conception	34
6.9 Système d'alimentation	36
6.10 Démarrage aux températures ambiantes basses	38
6.11 Parcours de câble long	38
6.12 Analyse du modèle de circulation	38
6.13 Technique de régulation de tronçon mort	42
6.14 Effet cheminée	42
7 Equipement de régulation et de surveillance	42
7.1 Généralités	42
7.2 Régulateurs mécaniques	42
7.3 Régulateurs électroniques	44
7.4 Aptitude de l'application	44
7.5 Emplacement des régulateurs	44
7.6 Emplacement des capteurs	44
7.7 Considérations relatives à l'alarme	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	7
Clause	
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Definitions	9
4 Application considerations	11
4.1 General	11
4.2 Corrosive areas	11
4.3 Installation considerations.....	11
4.4 Process temperature accuracy.....	13
5 Thermal insulation	13
5.1 General	13
5.2 Selection of insulating material	15
5.3 Selection of weather barrier (cladding).....	15
5.4 Selection of economical thickness.....	19
5.5 Double insulation	19
6 System design	23
6.1 Introduction	23
6.2 Purpose of, and major requirement for, trace heating	23
6.3 Heat loss calculations	23
6.4 Heat-up considerations	25
6.5 Heat-loss design safety factor.....	29
6.6 Selection of trace heater.....	29
6.7 Maximum temperature determination	31
6.8 Design information.....	35
6.9 Power system.....	37
6.10 Start-up at low ambient temperatures.....	39
6.11 Long cable runs	39
6.12 Flow pattern analysis	39
6.13 Dead-leg control technique	43
6.14 Chimney effect	43
7 Control and monitoring equipment.....	43
7.1 General	43
7.2 Mechanical controllers	43
7.3 Electronic controllers	45
7.4 Application suitability	45
7.5 Location of controllers	45
7.6 Location of sensors	45
7.7 Alarm considerations	47

Articles	Pages
8 Recommandations en vue de l'installation, des essais et de la maintenance	48
8.1 Introduction	48
8.2 Application.....	48
8.3 Travaux préparatoires.....	48
8.4 Installation des systèmes de traçage par résistance	54
8.5 Installation des résistances de traçage.....	58
8.6 Installation de l'équipement de régulation et de surveillance.....	62
8.7 Installation du système d'isolation thermique (voir aussi l'article 5)	64
8.8 Mise en service	66
8.9 Maintenance.....	66
8.10 Réparations	68
Figure 1 – Isolation thermique – Installation de la protection contre les intempéries	16
Figure 2 – Profil type de température.....	20
Figure 3 – Exemple de réservoir chauffé	40
Figure 4 – Exemple de dérivation	40
Tableau 1 – Types de processus	10
Tableau 2 – Contrôles de préinstallation.....	52
Tableau 3 – Vérifications préopérationnelles et enregistrement pour les installations de réchauffage.....	72
Tableau 4 – Enregistrement pour la mise en service des installations de réchauffage	74
Tableau 5 – Programme de maintenance et livret d'enregistrement.....	76

Clause	Page
8 Recommendations for installation, testing and maintenance	49
8.1 Introduction	49
8.2 Application	49
8.3 Preparatory work	49
8.4 Installation of trace-heating systems	55
8.5 Installation of trace heaters	59
8.6 Installation of control and monitoring equipment	63
8.7 Installation of thermal insulation system (see also clause 5)	65
8.8 Commissioning	67
8.9 Maintenance	67
8.10 Repairs	69
Figure 1 – Thermal insulation – Weather-barrier installation	17
Figure 2 – Typical temperature profile	21
Figure 3 – Heated tank example	41
Figure 4 – Bypass example	41
Table 1 – Process types	11
Table 2 – Pre-installation checks	53
Table 3 – Pre-commissioning checks and heater installation record	73
Table 4 – Heater commissioning record	75
Table 5 – Maintenance schedule and log record	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES GAZEUSES – TRAÇAGE PAR RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE –

Partie 2: Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62086-2 a été établie par le comité d'études 31 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31/347/FDIS	31/359/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2003. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES –
ELECTRICAL RESISTANCE TRACE HEATING –****Part 2: Application guide for design,
installation and maintenance**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62086-2 has been prepared by IEC technical committee 31: Electrical apparatus for explosive atmospheres.

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

FDIS	Report on voting
31/347/FDIS	31/359/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 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2003. At this date, the publication will be

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

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES GAZEUSES – TRAÇAGE PAR RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE –

Partie 2: Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 62086 fournit des lignes directrices quant à l'application des systèmes de traçage par résistance électrique dans les emplacements où l'on peut rencontrer des atmosphères explosives.

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.

La présente partie représente un complément des prescriptions spécifiées dans la CEI 62086-1.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 62086. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 62086 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60079-0:1998, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60079-10:1995, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 10: Classement des régions dangereuses*

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 62086-1, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Traçage par résistance électrique – Partie 1: Règles générales et d'essai*¹⁾

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 62086, les définitions figurant dans la CEI 62086-1 s'appliquent.

¹⁾ A publier.

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES – ELECTRICAL RESISTANCE TRACE HEATING –

Part 2: Application guide for design, installation and maintenance

1 Scope

This part of IEC 62086 provides guidance for the application of electrical resistance trace-heating systems in areas where explosive gas atmospheres may be present.

It provides recommendations for the design, installation and maintenance of trace-heating equipment and associated control and monitoring equipment.

This part supplements the requirements specified in IEC 62086-1.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 62086. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 62086 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60079-0:1998, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-10:1995, *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 62086-1, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Electrical resistance trace heating – Part 1: General and testing requirements*¹⁾

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 62086, the definitions in IEC 62086-1 apply.

¹⁾ To be published.

4 Considérations relatives à l'application

4.1 Généralités

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

Lorsque des systèmes de traçage doivent être installés dans des atmosphères explosives gazeuses, il convient de spécifier les précisions complètes des classements des emplacements dangereux (CEI 60079-10). Il convient que la spécification indique la zone de risque (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, il convient de préciser ces conditions 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 au rayonnement ultraviolet, il convient que ces parties soient adaptées à une utilisation dans de telles conditions.

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 peuvent posséder 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 hybride 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.

4.3 Considérations sur l'installation

Par souci de commodité, il est possible de spécifier divers types de processus, selon le degré de criticité d'application et la précision de température du processus prescrit (voir le tableau 1). Cependant, il convient de reconnaître que chaque application spécifique peut impliquer une combinaison de considérations.

Tableau 1 – Types de processus

Criticité d'application	Précision de température pour le processus		
	Au-dessus d'un point minimal type I	Dans une plage modérée type II	Dans une plage étroite type III
Critique (C-) ^a	C – I	C – II	C – III
Non critique (NC-) ^b	NC – I	NC – II	NC – III
^a Applications critiques			
^b Applications non critiques			

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) should be specified. The specification should state the zone of risk (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 should 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 be designed to 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 to ultraviolet radiation, those parts should be suitable for use in such conditions.

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 may 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 hybrid 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 that are established at the time of installation may become degraded due to corrosion during the operation of the plant.

4.3 Installation considerations

For convenience, various process types, according to the degree of application criticality and process temperature accuracy required, may be specified (see table 1). However, it should be recognized that each specific application may involve a combination of considerations.

Table 1 – Process types

Application criticality	Process temperature accuracy required		
	Above a minimum point type I	Within a moderate band type II	Within a narrow band type III
Critical (C-) ^a	C – I	C – II	C – III
Non-critical (NC-) ^b	NC – I	NC – II	NC – III
^a Critical applications			
^b Non-critical applications			

Lorsque le traçage est critique pour le processus, il convient de prendre en considération la surveillance du circuit (il convient que les circuits chauffants soient surveillés en vue d'un fonctionnement correct et que des alarmes soient prévues pour indiquer un dommage ou un défaut) ainsi que les systèmes chauffants (redondants) de secours. 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». Le traçage de secours permet une maintenance et des réparations effectuées sans mise hors service du processus.

4.4 Précision de la température du processus

4.4.1 Type I

Un processus de type I correspond à celui pour lequel la température doit, de préférence, être 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 calorique 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 technique de commande de tronçon mort (voir 6.13).

4.4.2 Type II

Un processus de type II correspond à celui dont la température doit, de préférence, être conservée à l'intérieur d'une plage modérée. Les thermostats mécaniques de détection pour les tuyaux peuvent être adaptés.

4.4.3 Type III

Un processus de type III correspond à celui dont la température doit, de préférence, être 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. Le 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.

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 de chaleur avec le système de traçage permettant une compensation pour le reste. De ce fait, les problèmes liés à l'isolation ont 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.

When the trace heating is critical to the process, consideration should be given to circuit monitoring (heating circuits should be monitored for correct operation and alarms provided to indicate damage or fault) and to back up (redundant) heating systems. Spare or back-up trace heating controls may be specified to be automatically activated in the event of a fault being indicated by the monitoring/alarm system. This is sometimes known as “redundance”. Back-up trace heating allows maintenance and repairs to be performed without a process shutdown.

4.4 Process temperature accuracy

4.4.1 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).

4.4.2 Type II

A type II process is one for which the temperature should be maintained within a moderate band. Pipeline sensing mechanical thermostats may be typical.

4.4.3 Type III

A type III process is one for which the temperature should be controlled within a narrow band. 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 heat up or raise the fluid temperature, or both, within a specified range and time interval. Type III considerations require strict adherence to flow patterns and thermal insulation systems.

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.

Avant toute analyse de perte de chaleur pour un tuyau à traçage électrique, une cuve ou tout autre équipement mécanique, une révision 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:

- caractéristiques thermiques;
- propriétés mécaniques;
- compatibilité chimique;
- résistance à l'humidité;
- caractéristiques de sécurité pour le personnel;
- résistance au feu;
- fumées, toxicité;
- coût.

Les matériaux d'isolation généralement disponibles comprennent:

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

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 l'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.

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:

- thermal characteristics;
- mechanical properties;
- chemical compatibility;
- moisture resistance;
- personnel safety characteristics;
- fire resistance;
- smoke, toxicity;
- cost.

Insulation materials commonly available include:

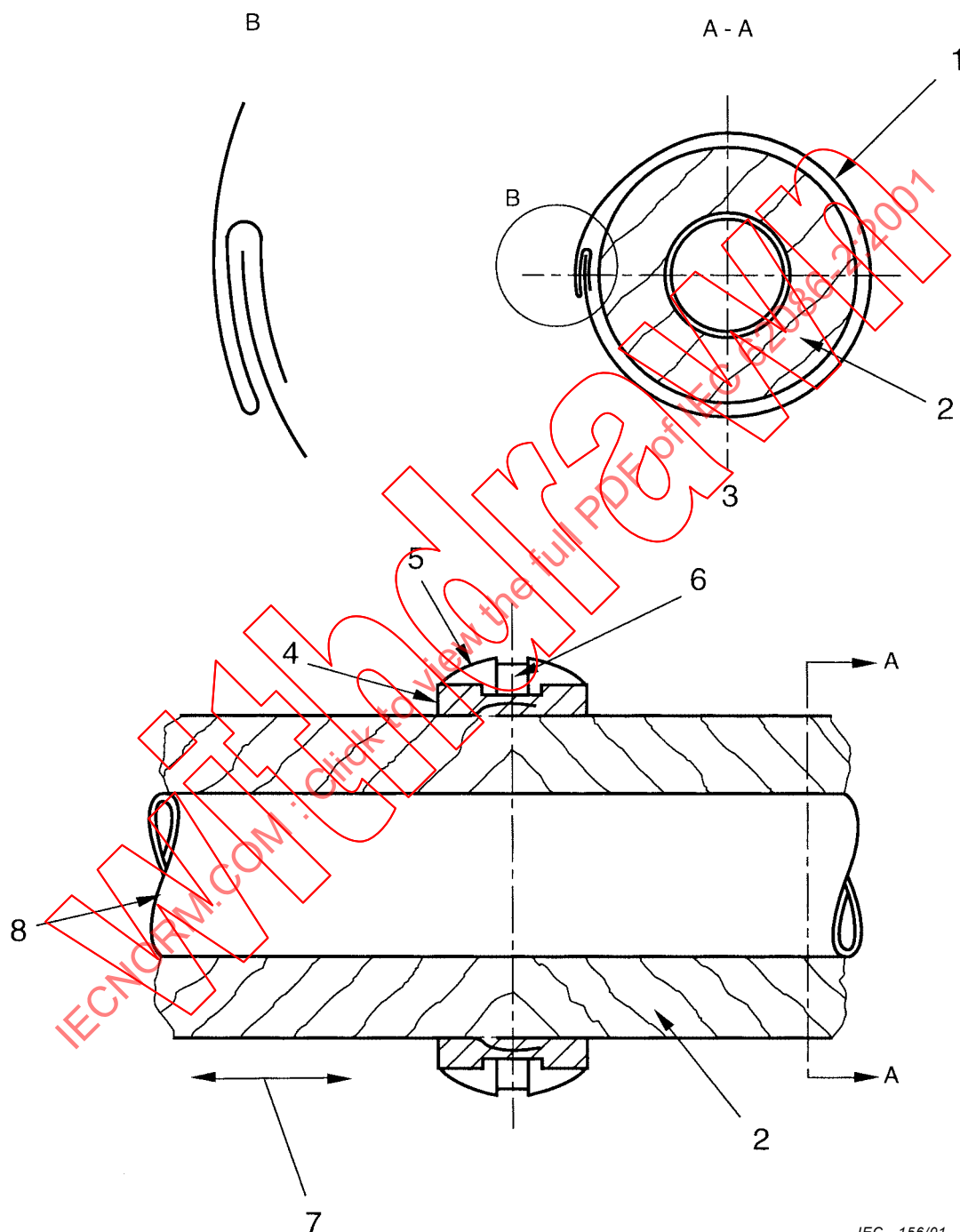
- expanded silica;
- mineral fibre;
- cellular glass;
- urethane;
- fibreglass;
- calcium silicate;
- isocyanurate;
- perlite silicate.

For soft insulants (mineral fibre, fibre-glass, etc.), actual pipe size insulation may be used in many cases by banding the insulation tightly. Care should be taken to prevent the heater from being buried within the insulation, which may cause damage to the 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.

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 doit être 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).

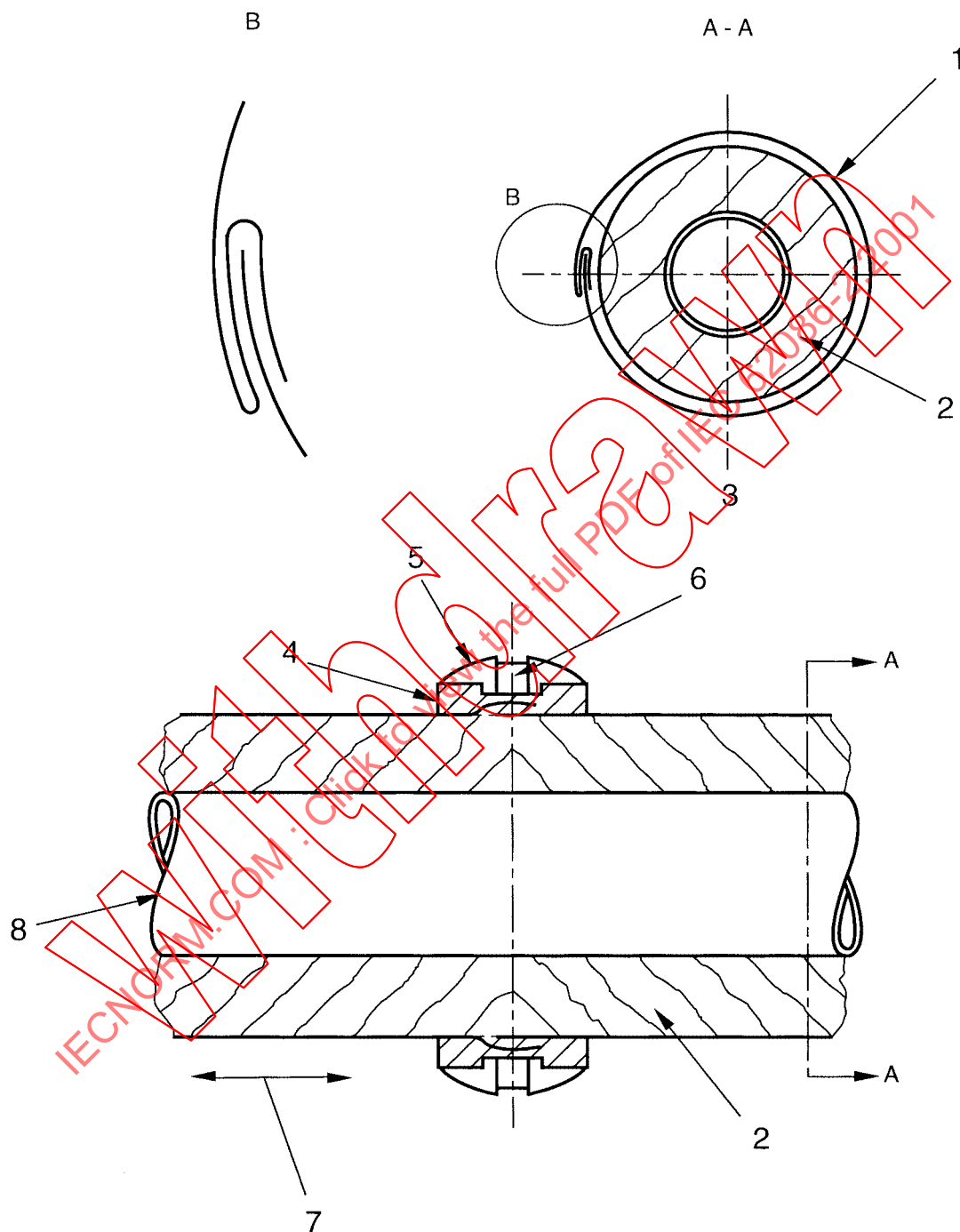


Légende

- | | |
|---|------------------------|
| 1 – Chemisage métallique | 5 – Bande de fermeture |
| 2 – Isolation | 6 – Bride d'isolation |
| 3 – Tuyau isolé à parchemisage métallique | 7 – Mouvement |
| 4 – Mastic d'étanchéité | 8 – Tuyau |

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

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).



Key

- 1 – Metal jacket
- 2 – Insulation
- 3 – Metal jacket insulated pipe
- 4 – Mastic sealer

- 5 – Closure band
- 6 – Insulated strap
- 7 – Movement
- 8 – Pipe

Figure 1 – Thermal insulation – Weather-barrier installation

Le revêtement qui est à recouvrement ou qui autrement est fermé 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.

Le type de protection contre les intempéries utilisé, doit de préférence reposer au minimum sur les considérations suivantes:

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

5.4 Sélection de l'épaisseur économique

Au minimum, une étude économique de l'isolation évalue 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 localiser la résistance de traçage entre deux couches d'isolation entourant le tuyau. L'objet essentiel 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 dans la figure 2. Il est à noter que les conditions de température ambiante doivent de préférence être prises en compte dans cette détermination.

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:

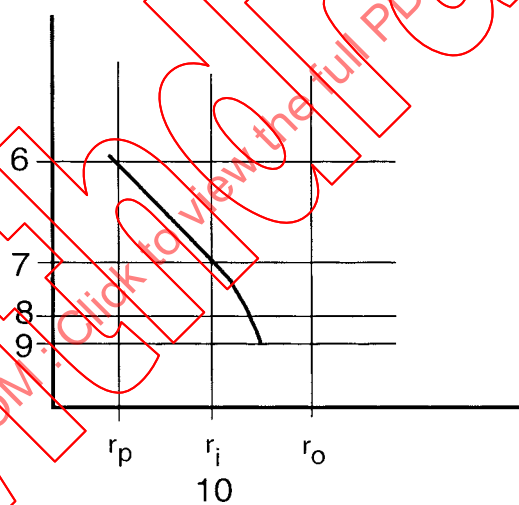
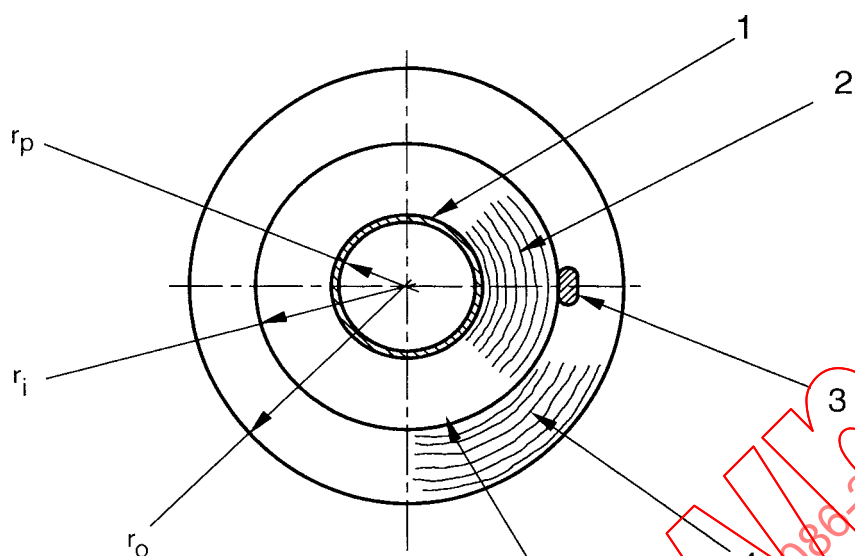
- effectiveness in excluding moisture;
- corrosive nature of chemicals in the area;
- fire protection requirements;
- durability to mechanical abuse;
- cost.

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.

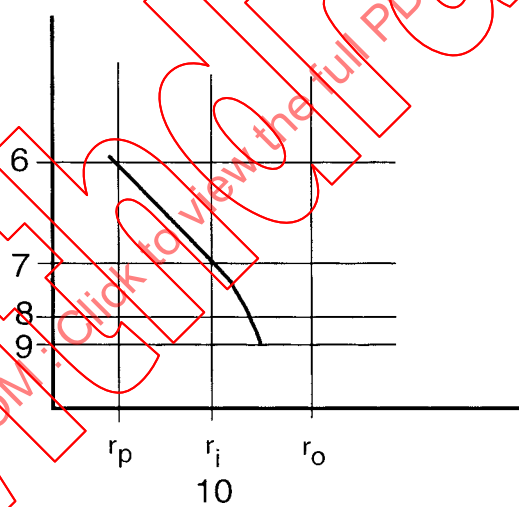
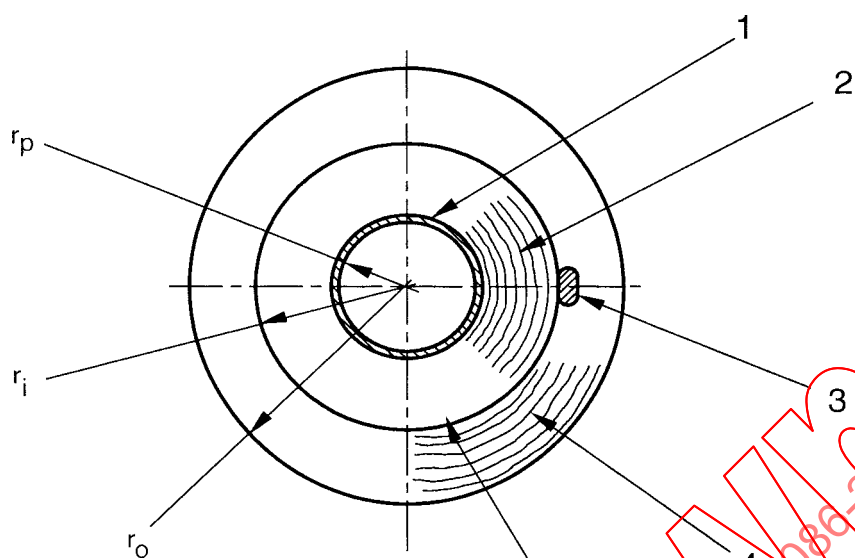


IEC 157/01

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) | 10 – Rayon |

Figure 2 – Profil type de température



IEC 157/01

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) | 10 – Radius |

Figure 2 – Typical temperature profile

6 Conception du système

6.1 Introduction

Lors de la conception des systèmes de traçage utilisés dans des atmosphères explosives gazeuses, des contraintes supplémentaires sont imposées du fait des prescriptions et du classement de la zone considérée. La conception de tout système de traçage doit de préférence être conforme à toutes les prescriptions de la CEI pour utilisation du matériel électrique dans ces zones et avec les prescriptions de cette norme.

Chaque processus 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. Les données de températures ambiantes locales, que ce soient les minima ou les maxima doivent être connues et incluses dans la conception.

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.

6.2 Objet et prescription 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 de chaleur lors du maintien d'une température spécifiée d'un objet (on ne suppose aucun échange de chaleur avec l'objet ou son contenu); voir la méthode de calcul en 6.3 et/ou
- b) l'élévation de la température d'un objet et de son contenu lorsque cela est spécifié, selon une valeur spécifiée à établir dans une période spécifiée (voir la méthode de calcul en 6.4);
- c) une combinaison de a) et b).

Il convient d'observer que les pertes de chaleur déterminées conformément à 6.3 et 6.4 doivent de préférence être multipliées par un facteur de sécurité déterminé sur la base de 6.5. L'excès de puissance installée par rapport à la puissance demandée, la façon dont sont appliquées, installées et exploitées les résistances de traçage ne doit provoquer, même après l'évaluation des conditions les plus défavorables, de risques inacceptables dans une atmosphère explosive gazeuse.

6.3 Calculs de perte de chaleur

Afin de déterminer la perte de chaleur pour un ensemble de conditions, on prescrit une spécification d'isolation complète, y compris des précisions de la conductivité thermique de l'isolation à diverses températures moyennes, le type de barrière d'étanchéité, la taille d'isolation et son épaisseur, la température souhaitée pour la maintenance de l'objet, et la température ambiante minimale, ainsi que le régime des vents.

Etant donné ces paramètres, la perte de chaleur peut être déterminée par le calcul. Par exemple, la perte de chaleur des tuyaux et tubes peut être évaluée en utilisant l'équation suivante:

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

6 System design

6.1 Introduction

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. The design of any trace-heating system should conform to all IEC requirements for the use of electrical equipment in these areas and with the requirements of this standard.

Each process imposes unique demands on the designer in order 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. Local ambient temperature data, both maxima and minima, have to be known and incorporated into the design.

Consideration should 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.

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 (no heat exchange is assumed with the workpiece or its contents); see calculation method in 6.3; and/or
- b) raising the temperature of a workpiece, and its content when specified, with a specified value to be established within a specified period (see calculation method in 6.4);
- c) a combination of a) and b).

It should be observed that heat losses established in accordance with 6.3 and 6.4 should be multiplied by a safety factor determined on the basis of 6.5. 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 an explosive gas atmosphere.

6.3 Heat loss calculations

To determine heat loss for a given set of conditions, a complete insulation specification is required, including details of the thermal conductivity of the insulation at several mean temperatures, the type of weather barrier specified, insulation size and thickness, desired workpiece maintenance temperature, and the minimum ambient temperature and wind conditions.

Given these parameters, the heat loss may be determined by calculation. For example, the heat loss for pipes and tubes may be evaluated using the following equation:

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

où

- q est la perte de chaleur par unité de longueur du tuyau en watts par mètre (W/m);
- T_p est la température de maintenance 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 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/mK);
- K_2 est la conductivité thermique de la couche extérieure d'isolation le cas échéant, évaluée à sa température moyenne (W/mK);
- 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/m²K);
- 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/m²K);
- h_o est le coefficient du film d'air extérieur à partir de la barrière d'étanchéité jusqu'à l'environnement ambiant (W/m²K) (valeurs types pour cette gamme comprise entre 3 W/mK et 284 W/mK pour des applications à basses températures inférieures à 50 °C).

Les pertes de chaleur de cuves sont plus complexes du fait des dissipateurs thermiques qui pénètrent la surface de l'isolation. Elles exigent souvent une analyse plus complexe pour déterminer la perte de chaleur totale et il convient de consulter le fournisseur du traçage.

Pour faciliter la sélection de produits, la plupart des fournisseurs de traçage fournissent des diagrammes et graphiques simples de pertes de chaleur pour des températures et isolations maintenues de façon variée qui comprennent habituellement un facteur de sécurité.

Une version simplifiée de l'équation (1), exprimant la perte de chaleur par unité de longueur correspond à

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

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:

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_f - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \quad (3)$$

où

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

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 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/mK);
- K_2 is the thermal conductivity of the outer layer of insulation, when present, evaluated at its mean temperature (W/mK);
- h_i is the inside air contact coefficient from the pipe to the inner insulation surface when present (W/m²K);
- h_{co} is the inside air contact coefficient from the outer insulation surface to the weather barrier when present (W/m²K);
- h_o is the outside air film coefficient from the weather barrier to ambient (W/m²K) (typical values for this term range from 3 W/mK to 284 W/mK for low-temperature applications below 50 °C).

Vessel heat losses are more complex due to the heat sinks that penetrate the insulation surface. They often require a more complex analysis to determine total heat loss and the trace heating supplier should be consulted.

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

A simplified version of equation (1), expressing heat loss per unit length, is as follows:

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

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. For example, the heat delivery requirement of a trace-heated system on piping may be evaluated by use of the following equation:

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_f - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \quad (3)$$

where

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

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

où

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

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0,5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \quad (4)$$

et

P_1 est la densité de produit dans le tuyau (kg/m³);

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

V_{c1} est le volume interne du tuyau (m³/m);

P_2 est la densité du tuyau (kg/m³);

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

V_{c2} est le volume de la paroi du tuyau (m³/m);

P_3 est la densité de l'isolation (kg/m³);

C_{p3} est la chaleur spécifique de l'isolation (J/kgK);

V_{c3} est le volume de la paroi de l'isolation (m³/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);

T_a est la température ambiante en degrés Celsius (°C);

T_p est la température de maintenance souhaitée en degrés Celsius (°C);

t est le temps de réchauffage souhaité en secondes (s);

U est la perte de chaleur par unité de longueur du tuyau par degré de température (W/mK);

H est la constante de temps thermique en secondes (s);

K_1 est la conductivité thermique de l'isolation intérieure évaluée à sa température moyenne (W/mK);

K_2 est la conductivité thermique de l'isolation extérieure évaluée à sa température moyenne (W/mK);

D_3 est le diamètre extérieur de la couche de l'isolation extérieure en mètres (m);

D_2 est le diamètre extérieur de la couche de l'isolation intérieure en mètres (m);

D_1 est le diamètre intérieur de la couche d'isolation en mètres (m);

h_{co} est le coefficient du contact de l'air à l'intérieur de la protection contre les intempéries (W/m²K);

h_o est le coefficient du contact de l'air à l'extérieur de la protection contre les intempéries à l'air ambiant (W/m²K);

h_i est le coefficient du contact de l'air à l'intérieur depuis le tuyau jusqu'à la surface de l'isolation intérieure (W/m²K);

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).

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

where

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.

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0,5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \quad (4)$$

and

P_1 is the density of the product in the pipe (kg/m³);

C_{p1} is the specific heat of the product (J/kgK);

V_{c1} is the internal volume of the pipe (m³/m);

P_2 is the density of the pipe (kg/m³);

C_{p2} is the specific heat of the pipe (J/kgK);

V_{c2} is the pipe wall volume (m³/m);

P_3 is the density of insulation (kg/m³);

C_{p3} is the specific heat of the insulation (J/kgK);

V_{c3} is the insulation wall volume (m³/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 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/mK);

H is the thermal time constant in seconds (s);

K_1 is the thermal conductivity of the inner insulation evaluated at its mean temperature (W/mK);

K_2 is the thermal conductivity of the outer insulation evaluated at its mean temperature (W/mK);

D_3 is the outside diameter of outer insulation layer in metres (m);

D_2 is the outside diameter of the inner insulation layer in metres (m);

D_1 is the inside diameter of the insulation layer in metres (m);

h_{co} is the inside air contact coefficient of the weather barrier (W/m²K);

h_o is the outside air contact coefficient of the weather barrier to the ambient (W/m²K);

h_i is the inside air contact coefficient from the pipe to the inside insulation surface (W/m²K);

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).

Les relations précédentes supposent aussi que les densités du système, les volumes, les conductivités thermiques et les pertes de chaleur sont constantes par rapport à 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 l'équipement de tuyaux non isolés ou partiellement isolés nécessitent un pouvoir calorifique pour compenser la perte de chaleur 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 de chaleur

Etant donné que les pertes de chaleur 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 calculé sur l'expérience passée et il doit généralement être compris entre 10 % et 25 %. L'ajout d'un facteur de sécurité est utilisé pour compenser les tolérances dans le système de traçage par résistance. Ces tolérances sont généralement liées à l'efficacité du système d'isolation thermique, la tension d'alimentation et les caractéristiques des résistances.

6.6 Sélection de la résistance de traçage

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

- a) Il convient de certifier les résistances de traçage utilisées dans les atmosphères explosives gazeuses.
- b) 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).
- c) 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.

NOTE Tout changement apporté à l'appareil certifié peut entraîner une invalidation du certificat.

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. Cette valeur limite doit être consignée dans la documentation du système. De multiples traçages et enroulement en spirale d'une résistance de traçage unique peuvent être prescrits. Le choix d'une résistance de traçage peut encore être limité par le fait de savoir si la fabrication sur le site est possible. Les résistances de traçage fabriquées sur le site peuvent être autorisées, à condition que

- a) le personnel de l'installation soit compétent dans les techniques particulières prescrites;
- b) la ou les résistances de traçage satisfassent aux essais sur site (site d'exploitation) spécifiés en 8.5.2;
- c) la ou les résistances de traçage fassent l'objet d'un marquage conformément à 6.3 de la CEI 62086-1.

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 cement may be applied to achieve the desired insulating capability.

6.5 Heat-loss design safety factor

Since heat-loss calculations result in theoretical values and do not account for imperfections associated with actual work site installations, a safety factor should be applied to the calculated values. The calculated safety factor should be based upon past experience and typically will range from 10 % to 25 %. The addition of a safety factor is used to compensate for tolerances in the trace-heating system. These tolerances are generally connected with the efficiency of the thermal insulation system, the voltage supply and the characteristics of the heaters.

6.6 Selection of trace heater

For a particular application there are some basic design requirements which may determine the choice of trace heater(s). These are as follows.

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

NOTE Any change to certified apparatus may invalidate the certificate.

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. Sometimes this value is particularly critical, such as with lined pipes, vessels containing caustic soda or with heat-sensitive materials. This limiting value shall be recorded in the system documentation. Multiple tracing or spiralling of a single trace heater may be required. The choice of trace heater may be further limited by whether fabrication on site is possible. Site-fabricated trace heaters may be permissible provided that

- a) installation personnel are competent in the special techniques required;
- b) trace heater(s) pass the field (site work) tests specified in 8.5.2;
- c) trace heater(s) is/are marked in accordance with 6.3 of IEC 62086-1.

La ou les résistances de traçage non exclues par les considérations ci-dessus sont techniquement aptes pour l'application, mais il est pourtant nécessaire de déterminer la densité de puissance maximale admissible de chacune. Il s'agit d'une fonction de la construction, la température maximale de tenue, la classe de température prescrite de la résistance de traçage, la température maximale de fonctionnement et la température maximale admissible de l'objet et l'isolation thermique.

Pour chaque résistance de traçage particulière, il convient de déterminer la densité de puissance admissible à partir des données du fabricant qui reposent sur des essais spécifiés dans l'article 5 de la CEI 62086-1. Il convient de choisir la valeur utilisée de sorte que ni la température maximale de tenue ni la classification des températures prescrites 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 de système le type de résistance par traçage et les valeurs de la charge installée et de la densité de puissance.

6.7 Détermination de la température maximale

6.7.1 Température maximale de l'objet – Conception stabilisée

Pour une conception stabilisée, 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 de chaleur qui correspond, ce qui donne

$$T_{pr} = \frac{W}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad (5)$$

où

T_{pr} est la température maximale du tuyau calculée en degrés Celsius (°C);

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

W est la puissance de la résistance de traçage (W/m) corrigée pour correspondre à 110 % de la tension nominale et une tolérance maximale de puissance du fabricant;

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

D'autres termes sont définis dans l'équation (1). Il peut être nécessaire d'appliquer des techniques itératives au calcul de l'équation (5) afin d'atteindre T_{pr} , étant donné que la conductivité thermique de l'isolation et la puissance du câble de traçage peuvent être fonction de la température du tuyau.

6.7.2 Température de gaine – Applications métalliques

Pour les applications métalliques de tuyau et de cuve, il convient de considérer la température de gaine d'une résistance de traçage dans la mesure où les caractéristiques assignées du produit ne sont pas dépassées dans cette application. Cela comprend non seulement l'isolation électrique et les matériaux de gaine, mais aussi les limites de températures maximales de l'isolation thermique et du matériau de paroi du tuyau ou du matériau pour le processus.

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 required temperature classification of the trace heater, the maximum operating temperature and maximum permissible temperature of the workpiece and thermal insulation.

For each particular trace heater the maximum allowable power density should be determined from the manufacturer's data which are based on tests specified in clause 5 of IEC 62086-1. The value used should be chosen so that neither the maximum withstand temperature nor the required temperature classification is 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.

6.7 Maximum temperature determination

6.7.1 Maximum workpiece temperature – Stabilized design

For a stabilized design, 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 which is as follows:

$$T_{pr} = \frac{W}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad (5)$$

where

T_{pr} is the maximum calculated pipe temperature in degrees Celsius (°C);

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

W is the trace heater output (W/m) corrected for 110 % rated voltage and maximum manufacturer's output tolerance;

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

Other terms are defined in equation (1). Iterative techniques may need to be applied to the calculation of equation (5) in order to arrive at T_{pr} , since the thermal conductivity of the insulation and the heating cable output may be a function of pipe temperature.

6.7.2 Sheath temperature – Metallic applications

For metallic pipe or vessel applications, the sheath temperature of a trace heater should be considered to the extent that product ratings are not to be exceeded in the application. This includes not only the electrical insulation and sheath materials, but also the maximum temperature limitations of the thermal insulation and pipe wall material or process material.

La température de gaine maximale d'une résistance de traçage peut être déterminée par des essais de produit ou en utilisant l'approche du système décrit en 5.1.11 de la CEI 62086-1. La température de gaine de la résistance de traçage correspond à ce qui suit:

$$T_{sh} = \frac{W_m}{UC} + T_{pm} \quad (6)$$

où

T_{sh} est la température de la gaine de résistance de traçage en degrés Celsius (°C);

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

U est le coefficient de transfert de chaleur global (W/m²K);

W_m est la puissance de la résistance de traçage (W/m) à la température maximale du tuyau, telle que définie pour 110 % de la tension nominale et une tolérance de puissance maximale (déclarée par le fabricant);

T_{pm} est la température maximale du tuyau (°C).

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 conduite, de convection et rayonnement. La valeur de U peut connaître une variation comprise entre 2,2 pour le câble de traçage cylindrique dans l'air (essentiellement conduite) et 30 ou plus pour une résistance de traçage appliquée par des supports de transfert de chaleur (principalement conduite). Sur demande, il convient que 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.

Il convient que la puissance délivrée en W_m de la résistance de traçage sélectionnée fournisse la conception stabilisée et qu'elle n'exède pas la classe de température ou toutes les limites de températures maximales énumérées ci-dessus.

6.7.3 Température de gaine – Applications de tuyau non métallique

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:

- a) la température maximale admissible du tuyau non métallique peut être dépassée;
- b) 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 (6). 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:

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad (7)$$

où

U_p est le coefficient de transfert de chaleur global pour un tuyau non métallique (W/m²K);

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

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

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

The maximum sheath temperature of a trace heater may be determined by product testing or using the system approach as described in 5.1.11 of IEC 62086-1. The sheath temperature of a trace heater is as follows:

$$T_{sh} = \frac{W_m}{UC} + T_{pm} \quad (6)$$

where

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

C is the trace heater circumference in metres (m);

U is the overall heat transfer coefficient (W/m²K);

W_m is the trace heater output (W/m) at the maximum pipe temperature as defined below at 110 % rated voltage and maximum output tolerance (declared by the manufacturer);

T_{pm} is the maximum pipe temperature (°C).

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 2,2 for cylindrical heating cable in air (primarily convective), to 30 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 in W_m of the trace heater selected should provide the stabilized design and should not exceed the temperature classification or any other maximum temperature limitations listed above.

6.7.3 Sheath temperature – 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 heating cable 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 (6). 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

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad (7)$$

where

U_p is the overall heat transfer coefficient for a non-metallic pipe (W/m²K);

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/mK).

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,

$$T_{sh} = \frac{W}{U_p C} + T_f \quad (8)$$

où T_f est la température du fluide en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

L'équation (8) est une simplification minimale d'un problème complexe qui concerne des critères qui vont au-delà de la présente norme. Il convient que le fournisseur du traçage par résistance individuel fournisse les données de température de gaine pour des applications spécifiques.

Il convient que la puissance de la résistance de traçage sélectionnée assure la conception stabilisée et n'excède pas la classe de température ou toute autre limite de température.

6.8 Information concernant la conception

6.8.1 Documentation d'information pour la conception

Pour s'assurer d'une conception de traçage par résistance exploitable, il convient de fournir à la fonction de conception 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:

- paramètres de conception thermique;
- diagramme de déroulement du système;
- dessins de disposition de l'équipement (plans, sections, etc.);
- dessins de tuyau (plans, isométrie, listes de lignes, etc.);
- spécifications de tuyauterie;
- spécification d'isolation thermique;
- dessins sur les détails de l'équipement (pompes, vannes, filtres, etc.);
- schémas électriques (par ligne, élément, etc.);
- liste de matériaux;
- spécifications pour l'équipement électrique;
- installation de l'équipement et manuels d'instruction;
- précisions relatives à l'équipement;
- programmes pour l'isolation thermique;
- documentation pour la classification de zone;
- température d'inflammation de gaz ou vapeur concerné;
- procédures de processus qui provoque une élévation des températures de tuyau, c'est-à-dire production de vapeur et réactions exothermiques.

6.8.2 Listes de lignes de configuration isométrique ou de résistance et diagrammes de charge

Il convient que le circuit de la résistance soit représenté sous forme de dessin illustrant son emplacement physique, sa configuration et les données applicables au traçage par résistance ainsi que son système de tuyauterie. Il convient que les données de dessin et/ou de conception comprennent les informations suivantes:

- a) la désignation du système de tuyauterie;
- b) le matériau et la taille du tuyau;

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

$$T_{\text{sh}} = \frac{W}{U_p C} + T_f \quad (8)$$

where T_f is the fluid temperature in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Equation (8) is a conservative simplification of a complex problem that involves criteria beyond the scope of this standard. The individual trace heating manufacturer should provide sheath temperature data for specific applications.

The power output of the trace heater selected should provide the stabilized design and should 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 piping information and should be notified of any revisions of items and drawings that pertain to the trace-heating system.

Any or all of the following may be applicable:

- thermal design parameters;
- system flow diagram;
- equipment layout drawings (plans, sections, etc.);
- pipe drawings (plans, isometrics, line lists, etc.);
- piping specifications;
- thermal insulation specifications;
- equipment detail drawings (pumps, valves, strainers, etc.);
- electrical drawings (one lines, elementaries, etc.);
- bill of materials;
- electrical equipment specifications;
- equipment installation and instruction manuals;
- equipment details;
- thermal insulation schedules;
- area classification documentation;
- ignition temperature of gas or vapour involved;
- process procedures that would cause elevated pipe temperatures, that is, steam out or exothermic reactions.

6.8.2 Isometric or heater configuration line lists and load charts

Each heater circuit should be shown on a drawing depicting its physical location, configuration, and relevant data for the trace heating and its piping system. The drawing and/or design data should include the following information:

- a) piping system designation;
- b) pipe size and material;

- c) la localisation de la tuyauterie et le nombre de lignes;
- d) la désignation de la résistance de traçage ou le numéro de circuit;
- e) l'emplacement du raccordement électrique, de l'embout protecteur et des capteurs de température le cas échéant;
- f) le numéro de résistance de traçage;
- g) les données de conception, telles que
 - 1) la température à maintenir,
 - 2) la température maximale du processus,
 - 3) la température ambiante minimale,
 - 4) la température d'exposition maximale (le cas échéant),
 - 5) la température maximale de gaine (lorsqu'on la prescrit),
 - 6) les paramètres de réchauffage (lorsqu'on le prescrit),
 - 7) la longueur de la tuyauterie,
 - 8) le rapport de traçage de la résistance de traçage par longueur de tuyau,
 - 9) la longueur supplémentaire de résistance de traçage appliquée aux vannes, aux supports de tuyau et autres dissipateurs thermiques,
 - 10) longueur de la résistance de traçage,
 - 11) tension de fonctionnement,
 - 12) watts par unité de longueur de résistance de traçage à la température de maintenance souhaitée,
 - 13) perte de chaleur à la température de maintenance souhaitée, par unité de longueur de tuyau,
 - 14) watts, total,
 - 15) courant du circuit, démarrage et régime permanent,
 - 16) type d'isolation thermique, taille nominale, épaisseur, et facteur k,
 - 17) classification de zone, y compris la température d'inflammation la plus faible pour chaque zone (si applicable),
 - 18) liste de matériaux.

Il convient que le dessin indique le numéro ou la 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

Il convient que la protection des circuits de branchement des résistances de traçage soit en mesure d'interrompre les défauts de terre à haute impédance ainsi que des défauts de court-circuit (voir 4.4 de la CEI 62086-1). Il convient de réaliser cela par un dispositif de protection pour les défauts à la terre de caractéristiques assignées de déclenchement de 30 mA ou un régulateur avec une capacité d'interruption de défaut à la terre utilisée 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. 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 à la terre sans interruption est acceptable si on déclenche l'alarme de manière à assurer une action appropriée.

- c) piping location or line number;
- d) trace-heater designation or circuit number;
- e) location of power connection, end seal, and temperature sensors as applicable;
- f) trace-heater number;
- g) design data such as
 - 1) temperature to be maintained,
 - 2) maximum process temperature,
 - 3) minimum ambient temperature,
 - 4) maximum exposure temperature (when applicable),
 - 5) maximum sheath temperature (when required),
 - 6) heat-up parameters (when required),
 - 7) length of piping,
 - 8) trace ratio of trace heater per length of pipe,
 - 9) extra length of trace heater applied to valves, pipe supports, and other heat sinks,
 - 10) length of trace heater,
 - 11) operating voltage,
 - 12) watts per unit length of trace heater at desired maintenance temperature,
 - 13) heat loss at desired maintenance temperature per unit length of pipe,
 - 14) watts, total,
 - 15) circuit current, start-up and steady state,
 - 16) thermal insulation type, nominal size, thickness, and k-factor,
 - 17) area classification, including the lowest ignition temperature for each area (if applicable),
 - 18) bill of material.

The drawing should also indicate the 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 should be capable of interrupting high-impedance earth faults as well as short-circuit faults (see 4.4 in IEC 62086-1). This should 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 heater as specified by the trace-heating supplier. 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 Démarrage aux températures ambiantes basses

Lorsque les systèmes de traçage par résistance sont démarrés à des températures ambiantes très basses, il peut y avoir des pointes de surintensité initiales susceptibles de provoquer une disjonction intempestive des dispositifs de protection contre le courant. 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 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 de câble long

Lorsque des résistances de traçage de circuit parallèle 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. Cela doit être pris en considération lors de la détermination de la puissance de la résistance de traçage et l'emplacement des capteurs de température.

6.12 Analyse du modèle de circulation

Lorsqu'une régulation de température critique est nécessaire, il convient de considérer toutes les conditions possibles de circulation dans le réseau de tuyauterie en déterminant les segments de circuit de traçage par résistance. L'illustration en est faite par l'exemple du réservoir chauffé présenté à la figure 3. L'ensemble des trois circuits de traçage par résistance avec des régulateurs séparés est nécessaire pour maintenir le système de tuyauterie à sa température de maintenance souhaitée. Lorsque le produit chauffé circule 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 4.

NOTE Si le circuit n° 1 et le circuit n° 3 ne sont pas nécessaires, il convient que la tuyauterie de dérivation soit chauffée lorsque la circulation se fait dans la ligne principale. Etant donné que le fluide dans la dérivation est statique, il refroidit à la température ambiante, si un contrôle séparé n'est pas effectué.

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

6.10 Start-up at low ambient temperatures

When trace-heating systems are started at very low ambient temperatures there may be initial current surges which could cause nuisance tripping on current protective devices. 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 cable 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.

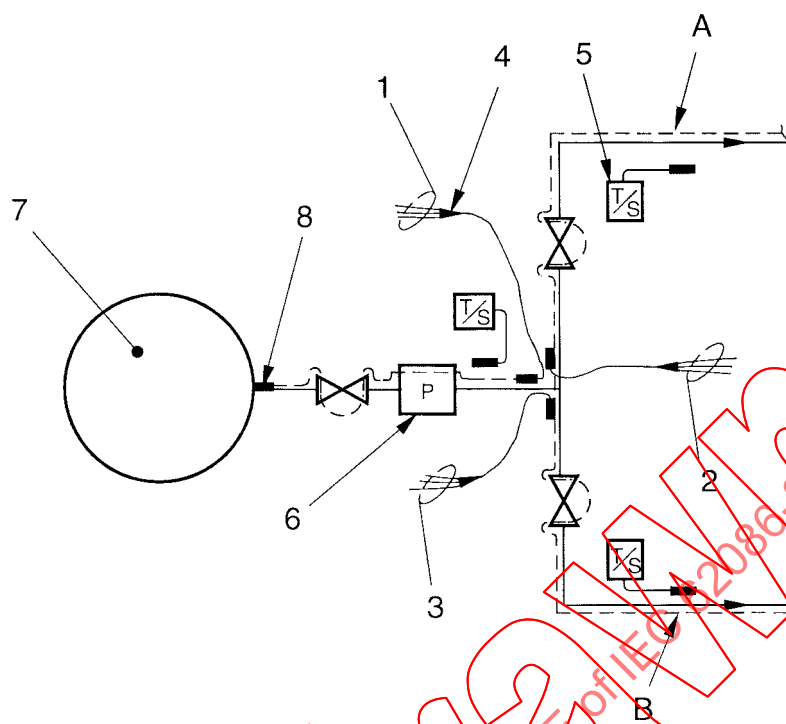
6.12 Flow pattern analysis

Where critical temperature control is required, all possible flow conditions in the piping network should be considered in determining the trace-heating circuit segments. This is illustrated by the heated tank example shown in figure 3. 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 4.

NOTE If circuit no. 1 and circuit no. 3 are not needed, the bypass piping should be heated when there is flow in the main line. Since the fluid in the bypass is static, if not separately controlled, it cools to the ambient temperature.

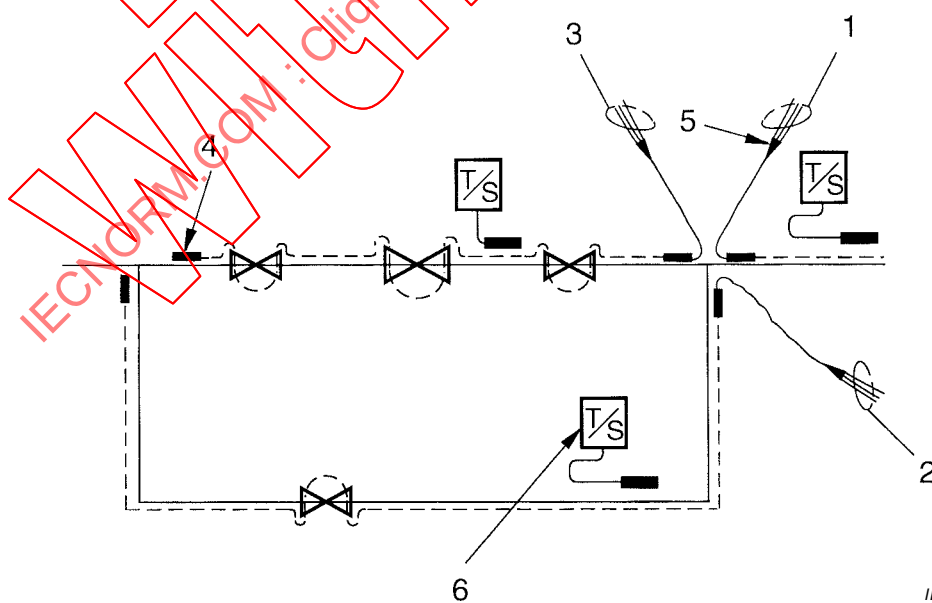
These are two examples of piping systems for which the circuit design needs close attention. Dead legs and manifold systems require careful arrangements of the trace-heating devices and their associated controls.



Légende

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| A – Tuyau A | B – Tuyau B |
| 1 – Circuit n° 1 | 5 – Capteur de température |
| 2 – Circuit n° 2 | 6 – Pompe |
| 3 – Circuit n° 3 | 7 – Réservoir chauffé |
| 4 – Terminaison froide | 8 – Terminaison chaude |

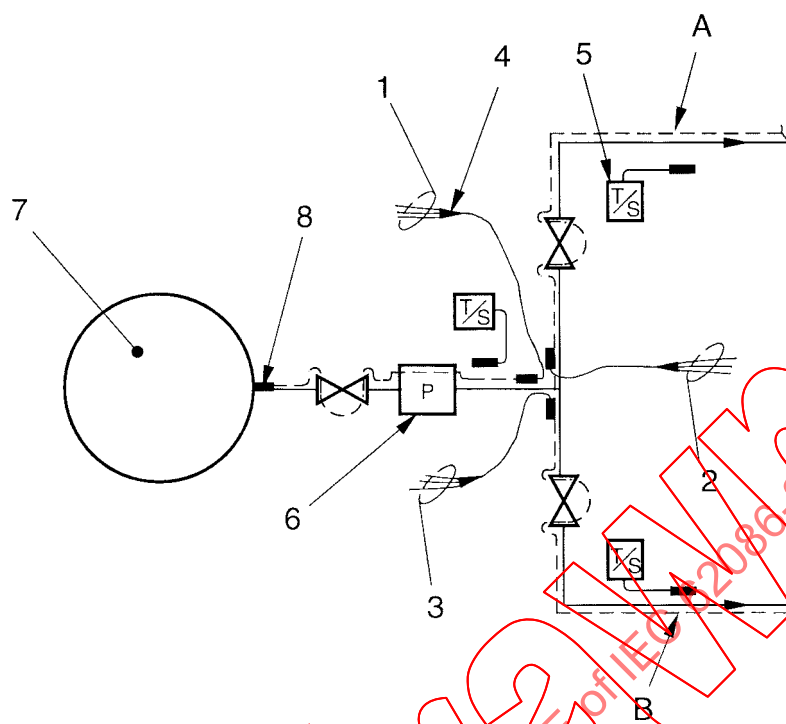
Figure 3 – Exemple de réservoir chauffé



Légende

- | | |
|------------------|----------------------------|
| 1 – Circuit n° 1 | 4 – Terminaison chaude |
| 2 – Circuit n° 2 | 5 – Terminaison froide |
| 3 – Circuit n° 3 | 6 – Capteur de température |

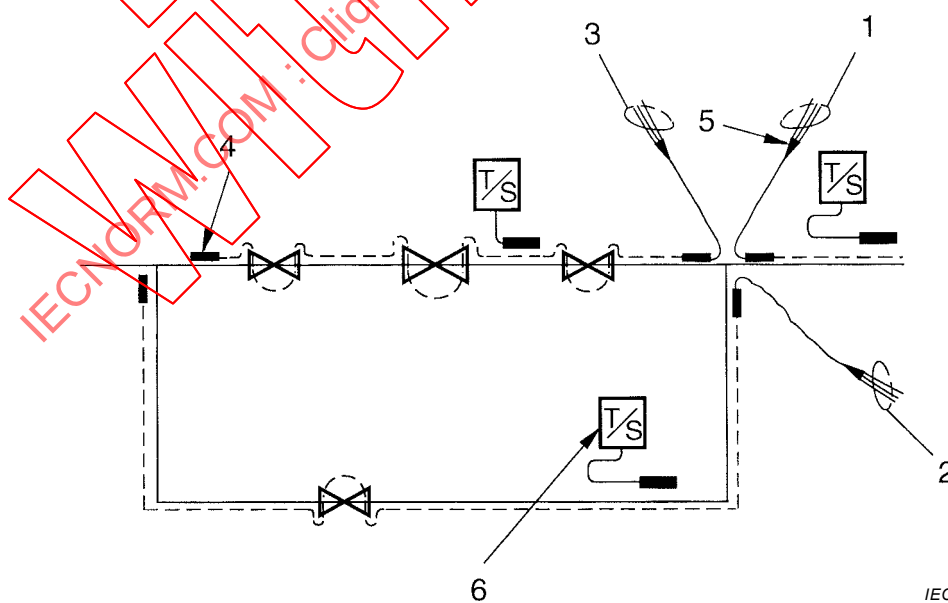
Figure 4 – Exemple de dérivation



IEC 158/01

Key

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| A – Pipe A | B – Pipe B |
| 1 – Circuit no. 1 | 5 – Temperature sensor |
| 2 – Circuit no. 2 | 6 – Pump |
| 3 – Circuit no. 3 | 7 – Heated tank |
| 4 – Cold end termination | 8 – Hot end termination |

Figure 3 – Heated tank example

IEC 159/01

Key

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1 – Circuit no. 1 | 4 – Hot end termination |
| 2 – Circuit no. 2 | 5 – Cold end termination |
| 3 – Circuit no. 3 | 6 – Temperature sensor |

Figure 4 – 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 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 fabriquer une section de tuyau telle qu'un tronçon mort 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 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 Equipement de régulation et de surveillance

7.1 Généralités

Il convient qu'un système de régulation et de commande soit utilisé, qui réponde aux prescriptions minimales pour le classement des emplacements dangereux défini dans cette norme et que ce système 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.

Un tel équipement de régulation et de surveillance peut fournir une protection contre les surintensités, une protection contre les courants différentiels et les limites d'isolation et de température. Il est essentiel que toutes prescriptions complémentaires pour des applications particulières, spécifiées par le concepteur du système de traçage par résistance pour le système, satisfassent aussi pleinement aux prescriptions 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.

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

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 are to be kept to a minimum at the expense of some energy savings. The technique consists of locating or fabricating a section of pipe such as a dead leg 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 equipment

7.1 General

A control and monitoring system should be used which meets the minimum requirements for the hazardous area classification defined in this standard and 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 overcurrent protection, residual current protection and isolation and temperature limitations. 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 which make or break the circuit.

Mechanical controllers are rugged; however, the short sensing element is not grouped or panel-mounted, and field calibration is cumbersome.

Il convient que les thermostats de type capillaire et bimétallique soient contenus dans un boîtier approuvé pour utilisation dans la classification d'emplacements dangereux appropriée à l'installation.

Il convient que la sélection de la sonde thermique utilisée avec un régulateur mécanique tienne compte de la valeur nominale de température maximale du capteur et de ses parties constitutives.

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 autres dispositifs pour détecter la température. Les régulateurs peuvent de ce fait être situés à plusieurs centaines de mètres du système de tracage par résistance électrique et sont souvent montés sur tableau pour faciliter l'accès de 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. L'étalonnage sur le site est similaire à celui concernant les instruments de processus normalisés.

7.4 Aptitude de l'application

7.4.1 Les systèmes de protection contre la congélation possédant une prescription de précision de température du processus de type I 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, il convient d'envisager des régulations supplémentaires ou alternatives de détection de l'air ou du tuyau.

7.4.2 La plupart des applications de température du processus nécessitent la détection de la température du tuyau et utilisent souvent au minimum un thermostat mécanique.

7.4.3 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 tracage 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. Pour des applications dans lesquelles la température doit être régulée dans une plage étroite (type III) par des régulations électroniques, il est possible de grouper les régulateurs dans une enceinte commune conforme aux prescriptions du classement des emplacements dangereux. De tels systèmes peuvent aussi avoir des alarmes pour le diagnostic du système, de défaut de terre, de continuité et de température haute et basse et comporter une coupure pour température élevée.

7.4.4 Lorsque l'on utilise des dispositifs de régulation à commande statique, des signaux de limite élevée peuvent déclencher l'alarme ou faire fonctionner le dispositif de protection du circuit. Il convient d'envisager le groupement des régulateurs à l'extérieur de la zone dangereuse.

7.5 Emplacement des régulateurs

Si possible, il convient de placer les régulateurs de température de manière à permettre l'accès libre et aisé et ainsi à faciliter la maintenance et l'étalonnage.

7.6 Emplacement des capteurs

7.6.1 Le nombre et l'emplacement des capteurs sont déterminés par les prescriptions de la classification des zones dangereuses et les critères de conception.

Capillary and bimetallic type thermostats should be contained in a housing approved for use in the hazardous area classification appropriate to the installation.

Selection of the temperature sensor used with a mechanical controller should take account of the maximum temperature rating of the sensor and its component parts.

7.3 Electronic controllers

Electronic controllers typically use resistance temperature detectors (RTD), also known as platinum resistance thermometers (PRT), thermistors, thermocouples (T/C), or other temperature sensing devices. The controllers can therefore be located several hundred metres away from the electric trace heating system and are often panel-mounted and located 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. Field calibration is similar to that for standard process instruments.

7.4 Application suitability

7.4.1 Freeze protection systems having a process temperature accuracy requirement type I may only require a simple ambient air sensing control system. For improved energy conservation, for instance, a process temperature accuracy type II or type III, alternative or additional air-sensing or pipe-sensing controls should be considered.

7.4.2 Most process temperature applications require sensing of pipe temperature and often use at least a mechanical thermostat.

7.4.3 For critical applications or where temperatures are to be controlled within a narrow band (type III), alarm functions such as 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. For applications in which the temperature has to be controlled within a narrow band (type III) by electronic controls, the controllers may be grouped in a common cabinet conforming to the requirements of the hazardous area classification. Such systems may also have high and low temperature, continuity, earth fault and system diagnostic alarms and high-limit temperature switching.

7.4.4 When using solid-state control devices, high-limit signals may alarm or operate the circuit protection device. Consideration should be given to grouping the controllers outside the hazardous area.

7.5 Location of controllers

Where possible, temperature controllers should be sited to allow free and easy access to make them convenient for maintenance or calibration.

7.6 Location of sensors

7.6.1 The number and location of sensors is determined by the requirements of the hazardous area classification and design criteria.

7.6.2 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.

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 que le système de traçage par résistance peut 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 prescriptions 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 les dispositifs suivants (dont l'énumération n'est pas exhaustive):

- a) 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 est fermé,
- b) le 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;
- c) 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 subséquent 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 subséquent 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.

7.6.2 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.

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 should 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. 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 devices:

- 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) 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) 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) Dispositifs de protection contre les courants différentiels: ces dispositifs de tension nominale de fonctionnement c.a. 120/240 V, 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 interrupteur de shuntage du régulateur de température et un ampèremètre; ou des relais et alarmes sensibles au courant.
- e) L'alarme de diagnostic: celle-ci est initialisée 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.

8 Recommandations en vue de l'installation, des essais et de la maintenance

8.1 Introduction

Les systèmes de traçage par résistance électrique sont conçus pour satisfaire aux prescriptions 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 satisfaisantes.

8.2 Application

Cet article donne des recommandations pour l'installation, la réparation, la maintenance et les essais de systèmes de traçage par résistance dans des emplacements dangereux, à l'exception de ceux classés en zone 0. Il ne recouvre ni les dispositifs qui fonctionnent par chauffage par induction, chauffage à effet de peau ou chauffage par impédance, ni ceux destinés à la libération des contraintes.

8.3 Travaux préparatoires

8.3.1 Généralités

Il est essentiel que les travaux suivent le programme de conception et il convient de ne laisser passer aucun élément énuméré ici sans vérification.

8.3.2 Le personnel

Il convient que les personnes concernées par l'installation, les essais et la maintenance des systèmes de traçage par résistance électrique soient convenablement formées à toutes les techniques spéciales nécessaires, ainsi qu'aux travaux électriques généraux. Il convient que tous les travaux fassent l'objet de surveillance par des superviseurs formés à cet effet.

- b) Residual current protective devices: devices with a nominal 120/240 V a.c. operating voltage, and a single, selected current trip level, 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 which is compatible in both the control and supervisory functions to ensure successful and reliable data transfer.

8 Recommendations for installation, testing and maintenance

8.1 Introduction

Electric trace-heating systems are designed to match the requirements of the process and plant. The system comprises a number of components integrated at site, and it is therefore necessary to ensure that the plant parameters used in the design are still valid when the trace-heating system is installed and that the components are installed correctly. Appropriate testing and maintenance are also essential to ensure satisfactory performance and safety.

8.2 Application

This clause makes recommendations for the installation, repair, maintenance and testing of trace-heating systems in hazardous locations, but not in those classified as zone 0. It does not cover devices that operate by induction heating, skin-effect heating or direct pipeline heating, nor those intended for stress relieving.

8.3 Preparatory work

8.3.1 General

It is essential that the work should follow the design scheme and no item listed here should be allowed to pass unchecked.

8.3.2 Personnel

Persons involved in the installation, testing and maintenance of electric trace-heating systems should be suitably trained in all special techniques required, as well as in general electrical work. All work should be monitored by trained supervisors.

8.3.3 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 valeurs nominales de puissance, les caractéristiques nominales de tension, la quantité et les instructions spéciales.

8.3.4 Stockage et manipulation

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

8.3.5 Essais de préinstallation

Il convient de réaliser et de documenter les essais suivants selon une liste de vérification et un enregistrement de préinstallation similaires à ceux du tableau 2.

- a) Il convient d'effectuer une vérification visuelle des résistances de traçage 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 8.5.2.
- b) Il convient de soumettre à l'essai les régulations individuelles 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) Il convient de joindre aux tableaux de régulation assemblés et fabriqués par le vendeur 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 régulation sur le site d'exploitation, il convient d'effectuer une inspection générale pour confirmer également qu'aucune détérioration n'est intervenue lors du transport.

8.3.6 Vérifications de préinstallation

Avant de débiter les travaux d'installation, il convient d'utiliser la liste de contrôle fournie au tableau 2 pour déterminer si la conception répond aux conditions d'installation.

8.3.3 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, power rating, voltage rating, quantity and special instructions.

8.3.4 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.

8.3.5 Pre-installation testing

The following tests should be performed and documented on a pre-installation check list and record similar to that of table 2.

- a) Trace heaters should be visually checked for damage. Continuity and insulation checks should be made as a final check. Insulation resistance should be measured in accordance with 8.5.2.
- b) Individual controls should 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 should 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 should be made to confirm also that no damage has occurred in transit.

8.3.6 Pre-installation checks

Before starting installation work, the check list given in table 2 should be used to determine whether the design matches the installation conditions.

Tableau 2 – Contrôles de préinstallation

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 8.3.8 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 un 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?	On peut l'utiliser comme connexion à la terre et/ou pour fournir une aide à la répartition 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 le calorifugeage entoure la résistance de traçage et qu'il augmente sa température
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	Les plans de travail ou les plans du concepteur du système de traçage par résistance ainsi que les instructions d'installation du fabricant sont-ils disponibles?	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
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	Les 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 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 matière particulaire?	

Table 2 – Pre-installation checks

Items to be checked		Remarks
1	Is the pipework 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 8.3.8 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 an inner foil be installed before the application of the trace heater?	This may be used to provide an earth path and/or to aid heat distribution
5	Has it been specified that an inner foil be installed after the application of the trace heater?	This may be used to prevent lagging from surrounding the trace heater so increasing its temperature
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	Are the trace heating system designer's working drawings or designs, and the manufacturer's installation instructions available?	No change should be contemplated without reference to the trace-heating system designer 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 pipework, 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
11	Are cold leads, when fitted, suitable for contact with the heated surface?	If the cold lead is to be buried under the lagging, 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 lagging 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. on plant but not on drawings?	These could obstruct or prevent the fitting of the trace heater and reference to the trace heating system designer may be necessary
15	Are other parameters used in the design of the equipment as specified by the design documentation?	
16	Are the trace heaters, controllers, junction boxes, switches, cable, cable glands, etc., suitable for the hazardous area classification and the environmental conditions and are they protected as necessary against corrosion and the ingress of liquids and particulate matter?	

8.3.7 Planification de l'installation

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 l'isolation thermique ne soit pas installée avant la réalisation et les essais du circuit ou sous-circuit de traçage par résistance.

8.3.8 Préparation de la surface

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 convient d'être attentif en s'assurant que tous les revêtements et finitions appliqués aux surfaces soumises aux traçages sont adaptés au service prévu.

8.3.9 Substitution de composant

Il est acceptable de remplacer des composants d'un système de traçage par résistance conformément à ce qui suit.

- a) Il convient de ne pas remplacer les composants énumérés spécifiquement dans les instructions d'installation ou de maintenance du fournisseur par des pièces similaires, sauf si l'on consulte le fournisseur de traçage par résistance et qu'il donne son agrément à la substitution.
- b) Les composants génériques 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.

8.4 Installation des systèmes de traçage par résistance

8.4.1 Généralités

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 résistance de traçage soit installée 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 telle 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 de la tuyauterie et l'équipement résultant de la dilatation, la contraction ou les vibrations.

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. Il convient également de fournir et d'identifier clairement les instructions relatives aux résistances de traçage avec et sans gaine extérieure.

8.4.2 Liaison à la terre

Il convient de toujours raccorder les résistances de traçage à une borne de terre établie.

8.3.7 Scheduling of installation

The installation of the trace-heating systems should begin only after all piping and equipment have been pressure tested and all related instrumentation has been installed. Thermal insulation should not be installed until the completion and testing of the electrical trace heating circuit or sub-circuit.

8.3.8 Surface preparation

The surface to 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. Care should be taken to ensure that all coatings or finishes applied to the surfaces to be traced are suitable for the intended duty.

8.3.9 Component substitution

It is acceptable to substitute components of a trace-heating system in accordance with the following.

- a) Components specifically listed in the supplier's installation or maintenance instructions should not be replaced with similar parts unless the trace-heating supplier is consulted and agrees to the substitution.
- b) Generic components specified in the supplier's installation or maintenance instructions may be replaced with any suitably rated component.
- c) Components which are part of a wiring system that supplies power to the trace heater may be replaced with any suitably rated component acceptable to the authority having jurisdiction.

8.4 Installation of trace-heating systems

8.4.1 General

The installation of the trace-heating system should be coordinated with the piping, thermal insulation and instrument disciplines to ensure a scheduled completion date.

Trace heaters should be installed 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 cable, termination(s) and cold lead(s) can accommodate any movement of the piping and equipment resulting from expansion, contraction or vibration.

The supplier of the trace heating system should provide specific instructions for the various types of system components. Instructions for components and trace heaters suitable and intended for unclassified and hazardous location use should be clearly identified. Instructions for trace heaters with and without an outer jacket should also be provided and clearly identified.

8.4.2 Bonding to earth

Trace heaters should always be connected to an established earth terminal.

8.4.3 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. 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. 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 avec l'article 6 de la CEI 62086-1.

Il convient de vérifier les résistances de traçage en série destinées à une terminaison sur le site afin de s'assurer que les longueurs installées correspondent à la longueur et à la charge théorique. 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.

8.4.4 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 valable. 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 recommandations du fournisseur. De tels travaux effectués dans des zones dangereuses invalident l'utilisation des résistances de traçage, à moins qu'on ne les réalise en conformité totale avec les instructions spécifiques et sur acceptation écrite du fournisseur 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.

8.4.5 Boîtes de raccordement

Il convient de raccorder les circuits de traçage par résistance dans des boîtes de raccordement avec une certification appropriée qui bénéficie d'une protection adaptée contre les infiltrations. 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 de boîtes de raccordement ne restent pas ouvertes à tout moment.

8.4.6 Entrées de câble et presse-étoupes

Il convient de munir les résistances de traçage de joints d'étanchéité et/ou de presse-étoupe certifiés de façon appropriée selon la zone dangereuse. Il convient de visser complètement les presse-étoupe dans la boîte et d'appliquer une compression pour fournir une étanchéité complète. Il convient d'obturer les entrées inutilisées à l'aide de bouchons adaptés. Si des entrées non filetées sont utilisées, il convient que la taille de l'entrée fournisse un dégagement suffisant pour la partie filetée du presse-étoupe, en serrant l'écrou arrière contre une rondelle d'étanchéité compressible afin d'étancher le presse-étoupe sur l'enveloppe.

8.4.7 Terminaison de conducteur

Il convient que les terminaisons froides soient munies de terminaisons effectuées de manière sûre et nette dans la boîte de raccordement ou l'équipement associé. Il convient que les bornes soient de taille et 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.

8.4.3 Terminations

It is essential that all types of trace heaters are terminated correctly. Terminations completed at the worksite should carefully follow the supplier's instructions. When mineral insulated cables are terminated at the job site, the cut ends should be sealed immediately to prevent any moisture ingress. 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 62086-1.

Series resistance trace heaters intended for site termination should be checked to ensure that the installed lengths correspond to the design length and loading. For parallel circuit trace heaters, the total circuit length should not exceed the supplier's recommendations.

8.4.4 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 should be fitted or modified on site only in strict accordance with the supplier's recommendations. Any such work carried out in hazardous areas will invalidate the use of the trace heater unless carried out in strict accordance with the specific instructions and upon written acceptance by the supplier of the trace heater.

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 within the proximity of the brazed joint.

8.4.5 Junction boxes

Trace-heating circuits should be connected into appropriately certified junction boxes which have suitable ingress protection. Junction boxes should be located as closely as possible to the trace-heater exit point whilst allowing for any pipe expansion. Junction box lids should not be left open at any time.

8.4.6 Cable entries and glands

Trace heaters should be provided with seals and/or glands certified appropriately to the hazardous area. Glands should be fully screwed into the box and compression applied to provide a complete seal. Unused entries should be blanked off with suitable plugs. If unthreaded entries are used, the entry size should 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.

8.4.7 Conductor terminations

Cold leads should be terminated in a safe and neat manner in the junction box or associated equipment. Terminals should 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.

Il convient que les connecteurs de type à compression ou les férules soient d'une taille correcte et d'un type approuvé pour le conducteur en question. Il convient que les outils de compression soient du type à cliquet et spécifique aux raccords utilisés et en bon état.

Il convient d'étancher les extrémités de câble qui finalement ne sont pas équipées de terminaisons immédiatement après le découpage, afin de prévenir toute infiltration d'humidité et il convient de les protéger contre les dommages en attendant la réalisation de la terminaison.

8.4.8 Borne et raccords d'extrémité

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'autre contaminants qui peuvent affecter défavorablement son utilisation ou son aptitude.

8.4.9 Raccordement, épissure et modifications

Il convient d'effectuer le raccordement, l'épissure et les modifications de la résistance de traçage sur le site uniquement par le biais d'un accord avec le concepteur et en stricte conformité avec les instructions du fournisseur. De tels travaux sur les résistances de traçage dans une zone dangereuse invalide le certificat de zone dangereuse, sauf si l'on a consulté le fournisseur et si l'on a effectué les travaux en stricte conformité avec les instructions intégrées dans le programme du certificat. 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. Il convient de consigner les modifications dans la documentation du système.

8.5 Installation des résistances de traçage

8.5.1 Généralités

Il convient de fixer les résistances de traçage aux tuyauteries et aux équipements conformément aux instructions du fournisseur. Il convient d'être vigilant pour éviter les matériaux d'isolation thermique à teneur élevée en halogénures sur les résistances de traçage munies d'une tresse ou d'une gaine en acier inoxydable.

8.5.2 Essais sur site (site d'exploitation)

Il convient de réaliser ces essais sur toutes les résistances de traçage après leur installation.

Avant l'application de l'isolation thermique, il convient que la résistance d'isolement, mesurée selon 5.1.3 de la CEI 62086-1, dans des conditions normales sèches et avant la connexion de la résistance de traçage au câblage associé ou à l'équipement de régulation, ne soit pas inférieure à 20 MΩ mesurée à 1 000 V en courant continu.

Il convient que la résistance d'isolement du circuit de branchement complet, après achèvement de l'isolation thermique, ne soit pas inférieure à 10 MΩ mesurée à 1 000 V en courant continu.

8.5.3 Contact thermique

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.

Compression-type connectors or ferrules should be of the correct size and of an approved type for the conductor concerned. Compression tools should be of the ratchet type specific to the fittings used and be in good condition.

Cable ends that are not finally terminated immediately after cutting should be sealed to prevent ingress of moisture and should be protected from damage pending completion of the termination.

8.4.8 Terminal end fittings

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

8.4.9 Jointing, splicing and modifications

Jointing, splicing and modifications to the trace heater should be carried out on site only by agreement with the designer and in strict accordance with the supplier's instructions. Any such work on trace heaters in a hazardous area will invalidate the hazardous area certificate unless the supplier has been consulted and the work carried out in strict accordance with instructions incorporated in the certificate schedule. This applies particularly to any modifications to trace heaters where any change in unit length will alter the power density of the heater and affect the sheath temperature. Modifications should be recorded in the system documentation.

8.5 Installation of trace heaters

8.5.1 General

Trace heaters should be attached to the piping and equipment in accordance with the supplier's instructions. Care should be taken to avoid high halide content thermal insulation materials over trace heaters with a stainless steel sheath or braid.

8.5.2 Field (work site) tests

These tests should be conducted on all trace heaters after they have been installed.

Prior to the application of thermal insulation, the insulation resistance, measured in accordance with 5.1.3 of IEC 62086-1, under normal dry conditions and before connection of the trace heater to the associated wiring or control equipment, should be not less than 20 MΩ measured at 1 000 V d.c.

The insulation resistance of the entire branch circuit, after thermal insulation is complete, should not be less than 10 MΩ measured at 1 000 V d.c.

8.5.3 Thermal contact

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 sink of temperature rated metal foil or heat conducting materials may be used.

8.5.4 Pose

8.5.4.1 Généralités

Il convient de ne pas laminer 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.

8.5.4.2 Parcours de traçage droits

Il convient de placer les résistances de traçage installées sur des parcours de traçage horizontaux de tuyauterie sur un segment de la tuyauterie ou de l'équipement inférieur de 180° pour optimiser le transfert de chaleur et éviter l'infiltration d'eau. Il convient d'accorder une attention spéciale à l'application des résistances de traçage dans de longs parcours à la verticale. Il convient d'espacer de façon égale les résistances de traçage multiples en ligne droite, autour de la circonférence du tuyau.

8.5.4.3 Parcours de traçage en spirale

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. A l'extrémité de la section à chauffer, si on constate un excès ou une insuffisance de la résistance de traçage, il convient de raccourcir ou d'allonger le pas de spire, afin de conserver une spirale uniforme, en conformité générale avec la conception. Il convient que l'espacement ne soit, en aucune circonstance, inférieur au minimum déclaré par le fournisseur.

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.

8.5.5 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 seulement 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.

8.5.6 Compensations de la perte de chaleur supplémentaire

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

8.5.7 Protection contre les fuites

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.

8.5.8 Protection contre les dommages

Il convient de prendre des précautions pour protéger les résistances de traçage et éviter la possibilité de dommages et de risques pour le personnel avant et après leur installation et avant l'application d'isolation thermique. Il convient que l'installateur se mette en liaison avec l'entrepreneur d'isolation pour s'assurer que l'isolation thermique est appliquée aussi rapidement que possible après l'installation et les essais des résistances de traçage.

8.5.4 Laying

8.5.4.1 General

The trace heater should not be foiled, 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.

8.5.4.2 Straight tracing runs

Trace heaters installed on straight, horizontal runs of piping should be located on the lower 180° segment of the pipe or equipment to maximize heat transfer and minimize ingress of water. Special consideration should be given when applying trace heaters in long vertical runs. Multiple straight trace heaters should be equi-spaced around the circumference of the pipe.

8.5.4.3 Spiral tracing runs

Spiral pitch marking should be made on the pipe and equipment before applying the cable in a uniform spiral, starting at the power supply point and maintaining slight tension in the trace heater as it is applied. If, at the end of the section to be heated, excess or insufficient trace heater exists, the spiral pitch should be shortened or lengthened to retain a uniform spiral in general accordance with the design. In no circumstances should the spacing be less than the minimum declared by the supplier.

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.

8.5.5 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.

8.5.6 Additional heat loss compensations

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.

8.5.7 Protection from leaks

Where trace heaters cross possible sources of leaks, for example, flanges, they should be positioned to minimize contact with the leaking medium.

8.5.8 Damage protection

Precautions should be taken to protect trace heaters and avoid the possibility of mechanical damage and hazard to personnel prior to and after they have been installed and prior to the application of thermal insulation. The installer should liaise with the insulation contractor to ensure that the thermal insulation is applied as soon as possible after the installation and testing of trace heaters.

8.6 Installation de l'équipement de régulation et de surveillance

8.6.1 Généralités

L'installateur est habituellement responsable de la fixation des tableaux de régulation, 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.

8.6.2 Considérations ayant trait au 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.

8.6.3 Installation du capteur

Il convient de lier le capteur au bon contact thermique avec 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.

8.6.4 Protection contre les dommages

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.

8.6.5 Sortie du capteur de l'isolation thermique

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.

8.6.6 Boîtier du régulateur

L'intrusion de vapeur corrosive et d'eau entraîne 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.

Les régulateurs et les capteurs doivent être certifiés conformément à un type approprié de protection.

Il convient que le régulateur soit réglé à la température prescrite et réétalonné si nécessaire. Il convient d'effectuer une vérification fonctionnelle en réglant l'initialisation de température jusqu'à ce que l'on constate que le régulateur alimente la résistance de traçage.

8.6.7 Régulateurs de température pour le processus

Si une indication de régulateurs complémentaires est donnée pour des raisons de processus, il convient de monter les capteurs en surface ou de les placer dans des puits thermométriques situés en des emplacements adaptés, par exemple, au-dessus des niveaux de dépôts dans les cuves.

8.6 Installation of control and monitoring equipment

8.6.1 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.

8.6.2 Sensor considerations

The sensor should be installed and positioned in accordance with the supplier's instructions. The 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.

8.6.3 Sensor 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.

8.6.4 Protection against damage

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.

8.6.5 Exit of sensor from thermal insulation

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.

8.6.6 Controller housing

Water and corrosive vapour intrusion are factors leading to the 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.

The controller and sensors shall be certified in accordance with an appropriate type of protection.

The controller should be set to the required temperature and re-calibrated if necessary. A function check should be made by adjusting the temperature setting until the controller is seen to energize the trace heater.

8.6.7 Process temperature controllers

If additional controllers are indicated for process reasons, the sensors should be surface mounted or located in thermowells sited at suitable positions, for example, above sludge levels in vessels.

8.6.8 Autres équipements

Il convient d'installer tous les autres équipements et de les vérifier conformément aux instructions fournies.

8.7 Installation du système d'isolation thermique (voir aussi l'article 5)

8.7.1 Généralités

Il convient que l'installation de l'isolation thermique soit conforme aux normes nationales et aux règlements locaux. Il convient d'isoler thermiquement chaque section du système de traçage par résistance immédiatement après son installation pour fournir une protection mécanique et contre les intempéries. Avant l'installation de toute isolation thermique, le traçage par résistance installé doit avoir subi les essais selon l'article 5 de la CEI 62086-1.

8.7.2 Travaux préparatoires

Avant de débiter l'installation, il est recommandé que l'ingénierie du site établisse une liaison entre l'installateur de traçage par résistance et l'entrepreneur de l'isolation thermique. Il convient de confirmer les vérifications et procédures suivantes.

- a) Vérifier que le type, le diamètre intérieur et l'épaisseur sont conformes aux valeurs utilisées dans la sélection de la ou des résistances de traçage.
- b) Il convient de fournir une protection temporaire contre les intempéries au cours du stockage, de la manipulation et de l'installation pour éviter les risques d'humidité piégée dans l'isolation thermique sous le revêtement de protection final contre les intempéries.

8.7.3 Installation des matériaux d'isolation thermique

Il convient d'appliquer l'isolation thermique à toutes les sections du tuyau et de l'équipement, y compris les brides, vannes, supports de tuyau, courbures, raccords en T, etc. Si des joints de dilatation ou des soufflets sont installés dans le système, il convient de prendre des dispositions pour l'isolation thermique de telle manière qu'elle n'affecte pas l'efficacité thermique du système de traçage par résistance.

Une isolation thermique de dimensions supérieures peut être nécessaire afin de s'assurer que la résistance de traçage et l'équipement sont couverts de façon adéquate. Par ailleurs, il y a lieu de prendre en considération les éléments suivants:

- a) il convient d'étancher toutes les pénétrations pour éviter l'infiltration d'humidité. Si possible, il convient que les pénétrations soient dans le segment de l'isolation thermique de 180° inférieur;
- b) il convient de couper et d'installer l'isolation thermique pour éviter les couches d'air intermédiaires. Décaler les joints à segment sur le plan horizontal pour minimiser la perte de chaleur par convection;
- c) il convient d'envisager l'utilisation de feuilles de métal pour couvrir la résistance de traçage sur les vannes et d'autres équipements de forme irrégulière pour éviter qu'une isolation thermique entoure la résistance de traçage.

8.7.4 Revêtement

Lorsqu'un revêtement de métal est spécifié, il convient de veiller particulièrement que les bords nus de l'élément en métal ne puissent entrer en contact direct avec la résistance de traçage ou ses composants.

Les zones à haut risque sont les suivantes.

- a) Brides: il convient de tailler l'élément en métal et de finir la face exposée de l'isolation thermique avec un composant non absorbant.

8.6.8 Other equipment

All other equipment should be installed and checked in accordance with the instructions provided.

8.7 Installation of thermal insulation system (see also clause 5)

8.7.1 General

Installation of thermal insulation should conform to national standards and local regulations. Each section of the trace-heating system should be thermally insulated immediately after it has been installed to provide mechanical and weather protection. Prior to the installation of any thermal insulation, the installed trace heating shall have been tested in accordance with clause 5 of IEC 62086-1.

8.7.2 Preparatory work

Before starting the installation, it is recommended that site engineering establish a liaison between the trace-heating installer and the thermal insulation contractor. The following checks and procedures should be confirmed.

- a) Verify that the type, inside diameter, and thickness agree with the values used in selection of the trace heater(s).
- b) Temporary weather protection should be provided during storage, handling and installation to avoid the risk of moisture being trapped in the thermal insulation beneath its final weather-protective coating or jacket.

8.7.3 Installation of the thermal insulation materials

Thermal insulation should be applied to all sections of the pipe and equipment, including flanges, valves, pipe supports, bends, T-junctions, etc. If expansion joints or bellows are installed in the system provision should be made for their thermal insulation in such a manner that it does not impair the thermal efficiency of the trace-heating system.

Oversized thermal insulation may be required in order to ensure that the trace heater and equipment are adequately covered. Other considerations include the following:

- a) all penetrations should be sealed to prevent the ingress of moisture. Wherever possible, penetrations should be in the lower 180° segment of the thermal insulation;
- b) the thermal insulation should be cut and fitted to avoid air gaps. Stagger segment joints on the horizontal plane to minimize convective heat loss;
- c) the use of metal foil should be considered for covering the trace heater on valves and other irregularly shaped equipment to prevent the thermal insulation from surrounding the trace heater.

8.7.4 Cladding

Where metal cladding is specified, particular care should be taken to ensure that bare edges of metalwork cannot come into direct contact with the trace heater or its components.

Areas of greatest risk are as follows.

- a) Flanges: metalwork should be cut back and the exposed face of the thermal insulation finished with a suitable non-absorbent compound.

- b) Vannes: il convient que la gaine isolante préformée corresponde à une surlongueur et soit poursuivie jusqu'à la gaine de tuyauterie adjacente.
- c) Courbures, tuyau en «L» ou en «T»: il convient de veiller à ne pas forcer l'entrée de la section de tuyau droit adjacente de gaine dans la courbure en risquant les dommages sur la résistance de traçage.

Il y a lieu de privilégier des courbures avec des parties verrouillées et à bord roulés. Il convient d'utiliser un dispositif d'étanchéité sans serrage entre les parties à recouvrement des protections métalliques contre les intempéries des gaines. Lorsque des rivets ou des vis autotaraudeuses sont utilisés, il convient de veiller à ce que tout foret ou vis ne soit pas suffisamment long pour pénétrer dans l'épaisseur de l'isolation thermique et endommager le système de traçage par résistance installé au-dessous de celui-ci.

Il convient d'apposer des étiquettes d'information sur la gaine pour fournir l'information de l'installation d'un système de traçage par résistance électrique au-dessous de l'isolation thermique.

8.8 Mise en service

8.8.1 Essai préopérationnel

Avant que toute partie d'un système de traçage par résistance électrique soit alimentée par raccordement à l'alimentation électrique, il convient de réaliser la procédure d'essai donnée en 8.5.2 et de consigner les résultats, en tant que partie intégrante de la documentation du système. Il convient de compléter la liste de vérification préopérationnelle donnée au tableau 3 et de la conserver.

8.8.2 Mise en service du traçage par résistance

Il convient de mettre en marche le ou les systèmes de traçage par résistance après l'installation de l'isolation thermique, en utilisant l'enregistrement de la mise en marche de la résistance donné au tableau 4 qui doit de préférence être complété et conservé.

8.9 Maintenance

8.9.1 Généralités

Il est recommandé que le programme de maintenance donné au tableau 5 soit entrepris à des intervalles ne dépassant pas un an. Des inspections plus fréquentes et plus approfondies peuvent être nécessaires dans des environnements corrosifs ou autres environnements hostiles ou bien lorsqu'il existe un risque élevé de dommages mécaniques. Il convient de déterminer la nécessité d'inspections plus fréquentes par le biais de l'expérience d'exploitation et par la consultation de l'utilisateur/l'occupant du site.

Il convient d'enregistrer toutes les activités de maintenance dans un relevé de maintenance (tel que celui du tableau 5) et de le conserver dans la documentation du système.

8.9.2 Localisation de défauts

Des méthodes spécialisées de localisation de défauts sont nécessaires pour détecter les défauts dans les systèmes de traçage par résistance électrique couverts par une isolation thermique et une gaine métallique et il convient de demander conseil au concepteur du système de traçage par résistance électrique.

Un bref aperçu des étapes qui peuvent être nécessaires est proposé ci-après.

- a) Il convient que la disposition exacte du système de traçage électrique soit déterminée à partir de la documentation du système. Si celle-ci s'avère inadéquate, il convient d'utiliser un instrument à «induction» fonctionnant approximativement à 1 000 Hz pour injecter un signal dans le dispositif de traçage par résistance électrique et le parcours du dispositif doit de préférence être suivi par le signal acoustique obtenu à partir de l'instrument.