

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
TR 61831**

Première édition
First edition
1999-07

**Systèmes analyseurs continus –
Guide de conception et d'installation**

**On-line analyser systems –
Guide to design and installation**



Numéro de référence
Reference number
IEC/TR 61831:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

TR 61831

Première édition
First edition
1999-07

**Systèmes analyseurs continus –
Guide de conception et d'installation**

**On-line analyser systems –
Guide to design and installation**

© IEC 1999 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 photo-copie 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 **XC**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	12
Articles	
1 Généralités	14
1.1 Domaine d'application	14
1.2 Documents de référence	14
1.3 Remarques préliminaires.....	16
1.4 Aspects supplémentaires	18
1.5 Fiabilité.....	18
1.6 Conception.....	18
1.7 Centralisation.....	18
1.8 Installation en local	20
1.9 Systèmes analyseurs pré-assemblés.....	20
2 Hygiène et sécurité.....	20
2.1 Introduction.....	20
2.2 Prévention des explosions et des incendies.....	22
2.2.1 Gaz et vapeurs inflammables	22
2.2.2 Poussières combustibles	24
2.2.3 Gaz ou vapeurs inflammables et poussières combustibles	26
2.3 Prévention des dangers liés aux substances toxiques.....	26
2.4 Sécurité de l'installation	26
2.5 Risques liés aux rayonnements	26
2.6 Dispositifs de sécurité.....	26
2.7 Dispositifs d'arrêt manuel.....	28
2.8 Bruit.....	28
2.9 Indication d'alarme.....	28
3 Bâtiments.....	28
3.1 Introduction.....	28
3.2 Définitions.....	30
3.3 Sélection du logement.....	32
3.3.1 Boîtier d'analyseur.....	32
3.3.2 Armoire à analyseurs.....	32
3.3.3 Abri à analyseurs	32
3.3.4 Bâtiment pour analyseurs (AH)	34
3.4 Classification des emplacements et risque de dégagement toxique.....	34
3.4.1 Classification des zones électriques	34
3.4.2 Risque de dégagement toxique.....	36
3.5 Construction et montage	36
3.5.1 Généralités	36
3.5.2 Bâtiment pour analyseurs	36
3.5.3 Bâtiment pour analyseurs (AH)	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	13
Clause	
1 General.....	15
1.1 Scope	15
1.2 Reference documents	15
1.3 Preliminary remarks	17
1.4 Further considerations	19
1.5 Reliability	19
1.6 Design	19
1.7 Centralisation	19
1.8 Local mounting	21
1.9 Pre-assembled systems	21
2 Health and safety.....	21
2.1 Introduction.....	21
2.2 Prevention of explosions and fires	23
2.2.1 Flammable gases and vapours	23
2.2.2 Combustible dusts	25
2.2.3 Flammable gases, vapours and combustible dusts	27
2.3 Prevention of toxic hazards.....	27
2.4 Plant safety.....	27
2.5 Radiation hazards	27
2.6 Safety facilities	27
2.7 Manual shut-down facilities.....	29
2.8 Noise	29
2.9 Alarm indication	29
3 Housings.....	29
3.1 Introduction.....	29
3.2 Definitions	31
3.3 Selection of housing	33
3.3.1 Analyser case	33
3.3.2 Analyser cabinet	33
3.3.3 Analyser shelter	33
3.3.4 Analyser house (AH)	35
3.4 Area classification and toxic danger	35
3.4.1 Electrical area classification	35
3.4.2 Toxic danger	37
3.5 Construction and mounting	37
3.5.1 General.....	37
3.5.2 Analyser housing	37
3.5.3 Analyser house (AH)	39

Articles	Pages
3.6 Exigences concernant la ventilation du bâtiment pour analyseurs.....	40
3.6.1 Généralités	40
3.6.2 Boîtiers d'analyseurs	40
3.6.3 Abris à analyseurs.....	40
3.6.4 Armoires à analyseurs et bâtiments pour analyseurs.....	40
3.7 Conception de la ventilation naturelle	42
3.7.1 Exigences en matière de ventilation.....	42
3.7.2 Exigences relatives au chauffage	44
3.8 Conception de la ventilation forcée	44
3.8.1 Exigences en matière de ventilation.....	44
3.8.2 Système d'arrivée d'air	44
3.8.3 Exigences en matières de ventilateurs.....	46
3.8.4 Exigences en matière de distribution d'air	46
3.8.5 Exigences en matière de chauffage	46
3.9 Dispositifs de surveillance de sécurité et alarmes des bâtiments pour analyseurs ..	48
3.9.1 Généralités	48
3.9.2 Dysfonctionnement de la ventilation.....	50
3.9.3 Détection de gaz inflammables ou de vapeurs	52
3.9.4 Détection de gaz toxiques	54
3.9.5 Détection de manque d'oxygène	56
3.9.6 Détection d'incendie et protection anti-incendie	56
3.9.7 Equipement à purge	58
3.9.8 Alarmes	58
4 Systèmes d'échantillonnage	60
4.1 Introduction.....	60
4.2 Définitions.....	60
4.3 Exigences générales.....	62
4.4 Emplacement du point d'échantillonnage	64
4.5 Systèmes à recirculation rapide.....	66
4.6 Systèmes de dérivation	68
4.7 Systèmes de récupération des échantillons	68
4.8 Points particuliers	68
4.9 Systèmes multiflux	70
4.10 Construction	72
4.10.1 Généralités	72
4.10.2 Sélection des matériaux	72
4.10.3 Dispositifs de purge.....	74
4.10.4 Suppression des obstructions.....	74
4.10.5 Chauffage et isolation des canalisations	74
4.10.6 Limitation des risques de fuite	76
4.10.7 Emplacement de l'équipement.....	76
4.10.8 Instrumentation	76
4.10.9 Identification	78
4.11 Elimination des effluents	78
4.11.1 Généralités	78
4.11.2 Vapeur	78
4.11.3 Liquides	80

Clause	Page
3.6	Analyser housing ventilation requirements 41
3.6.1	General..... 41
3.6.2	Analyser cases 41
3.6.3	Analyser shelters 41
3.6.4	Analyser cabinets and analyser houses..... 41
3.7	Design for natural ventilation 43
3.7.1	Ventilation requirements 43
3.7.2	Heating requirements..... 45
3.8	Design for forced ventilation 45
3.8.1	Ventilation requirements 45
3.8.2	Air intake system 45
3.8.3	Fan requirements..... 47
3.8.4	Air distribution requirement..... 47
3.8.5	Heating requirement..... 47
3.9	Analyser housing safety monitors and alarms 49
3.9.1	General..... 49
3.9.2	Ventilation failure 51
3.9.3	Flammable gas or vapour detection..... 53
3.9.4	Toxic gas detection..... 55
3.9.5	Oxygen deficiency detection 57
3.9.6	Fire detection and protection..... 57
3.9.7	Purged equipment..... 59
3.9.8	Alarms 59
4	Sampling systems..... 61
4.1	Introduction..... 61
4.2	Definitions 61
4.3	General requirements 63
4.4	Sample point location 65
4.5	Fast circulating systems..... 67
4.6	By-pass systems..... 69
4.7	Sample recovery systems 69
4.8	Special considerations..... 69
4.9	Multi-stream systems 71
4.10	Construction 73
4.10.1	General..... 73
4.10.2	Material selection..... 73
4.10.3	Flushing facilities 75
4.10.4	Blockage removal 75
4.10.5	Heat tracing and insulation..... 75
4.10.6	Minimising risks from leakage 77
4.10.7	Location of equipment..... 77
4.10.8	Instrumentation 77
4.10.9	Identification 79
4.11	Effluent disposal 79
4.11.1	General..... 79
4.11.2	Vapour..... 79
4.11.3	Liquid..... 81

Articles	Pages
4.12 Dispositifs d'étalonnage	80
4.13 Etalonnage automatique.....	82
5 Communications	84
5.1 Introduction.....	84
5.2 Emission.....	84
5.3 Sécurité	86
5.4 Câbles	86
5.5 Linéarisation	86
5.6 Utilisation du signal	86
5.7 Alarmes	88
5.8 Vérification/étalonnage.....	88
Annexe A Sonde de mesure type de la chaîne de production, de dimension NPS 2" et supérieure	90
Annexe B Détermination de la longueur des sondes de mesure	92
Annexe C Calculs concernant le système d'échantillonnage.....	108
Annexe D Calculs concernant la ventilation naturelle	134
Annexe E Calculs concernant la ventilation forcée	146
Annexe F Exemple de séquence de vérification/étalonnage de données sur ordinateur	148
Annexe G Bâtiment pour analyseurs avec ventilation forcée – Résumé des contrôles/ actions d'arrêt recommandés en cas d'exploitation présentant des risques d'incendie	150
Annexe H Bâtiment pour analyseurs équipés d'une ventilation forcée – Logique de mise hors tension en cas de dysfonctionnement de ventilation et de détection de gaz inflammables	152
Annexe I Schéma type du système analyseur	154
Annexe J Schéma d'un passage mural type, avec un transit.....	158
Annexe K Bibliographie	160

Clause	Page
4.12 Calibration facilities	81
4.13 Automatic calibration	83
5 Analyser communications	85
5.1 Introduction.....	85
5.2 Signal transmission.....	85
5.3 Safety	87
5.4 Cables	87
5.5 Linearisation	87
5.6 Use of signal.....	87
5.7 Alarms	89
5.8 Verification/calibration	89
Annex A Typical analyser process line sampling probe for line sizes NPS 2" and above	91
Annex B Determination of sample probe lengths.....	93
Annex C Sample system calculations	109
Annex D Natural ventilation calculations	135
Annex E Forced ventilation calculations	147
Annex F Example of verification/calibration sequence of data to computer	149
Annex G Analyser house with forced ventilation – Summary of recommended control shut-down actions for flammable hazard operation	151
Annex H Analyser houses with forced ventilation – Ventilation failure and flammable gas detection trip logic	153
Annex I Typical analyser system schematics	155
Annex J Example schematic showing a typical wall penetration using a transit	159
Annex K Bibliography	161

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES ANALYSEURS CONTINUS – GUIDE DE CONCEPTION ET D'INSTALLATION

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 du présent rapport technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Un rapport technique ne doit pas nécessairement être révisé avant que les données qu'il contient ne soient plus jugées valables ou utiles par le groupe de maintenance.

La CEI 61831, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 65D: Appareils pour l'analyse de composition, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
65D/41/CDV	65D/52/RVC

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

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

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ON-LINE ANALYSER SYSTEMS –
GUIDE TO DESIGN AND INSTALLATION**

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 technical report may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

Technical reports do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful by the maintenance team.

IEC 61831, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 65D: Analyzing equipment, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

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

Enquiry draft	Report on voting
65D/41/CDV	65D/52/RVC

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

This document which is purely informative is not to be regarded as an International Standard.

Avec l'aimable permission de l'association «Engineering Equipment and Materials Users Association» (utilisateurs des équipements et matériaux d'ingénierie), ce rapport s'appuie et reprend des extraits de la Publication 138 de l'EEMUA.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en XXXX. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 61831:1999

Withd 2020

With the kind permission of the Engineering Equipment and Materials Users Association this report is based on and includes extracts from EEMUA Publication 138.

The committee has decided that this publication remains valid until XXXX. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 61831:1999

Withdrawn

INTRODUCTION

Le présent rapport technique a été élaboré car on constate une nette carence de lignes directrices à propos de la conception générale et de l'installation des systèmes analyseurs en continu, malgré l'existence de diverses normes traitant d'aspects spécifiques des qualités de fonctionnement des analyseurs, des qualités de fonctionnement des systèmes d'échantillonnage et des questions relatives à la sécurité.

Les utilisateurs d'analyseurs en continu ont chacun des pratiques différentes, mais leur approche est fondamentalement similaire. Par conséquent, ce guide encouragera la normalisation dans l'industrie et pourra aboutir à réduire les coûts de conception et de construction ainsi qu'à améliorer la sécurité.

Le terme «analyseur» est employé dans ce rapport pour désigner divers appareils, tels que les analyseurs en continu, les analyseurs du fluide de processus, les analyseurs de qualité, les appareils de mesure de la qualité et les dispositifs de surveillance de la qualité du processus.

En cas de référence à des normes européennes ou internationales, il convient de souligner que les autorités nationales peuvent avoir leurs propres exigences réglementaires légales, à caractère obligatoire.

INTRODUCTION

This technical report has been prepared as there is a perceived lack of guidance in overall design and installation of on-line analyser systems, although there are various standards in existence covering specific aspects of analyser performance, sample system performance and safety related issues.

Individual users of on-line analysers have varying practices but the fundamental approach is generally similar. Therefore this guide will encourage standardisation within industry and lead to reduction in design and construction costs and to improved safety.

The word analyser has been used throughout this document to refer to instruments variously known as on-line analysers, process stream analysers, quality analysers, quality measuring instruments and process quality monitors.

Where reference is made to european standards or international standards it should be noted that national authorities may have statutory requirements that are mandatory.

Withd 2019
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 61831:1999

SYSTÈMES ANALYSEURS CONTINUS – GUIDE DE CONCEPTION ET D'INSTALLATION

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

Le présent rapport technique est un guide qui s'applique aux systèmes d'analyseurs continus. Il propose des lignes directrices nécessaires aux fournisseurs et aux utilisateurs des systèmes, permettant la spécification ou la conception de systèmes analyseurs complets, depuis le point d'échantillonnage en cours de processus jusqu'au point de sortie utilisé pour l'affichage ou la commande.

1.2 Documents de référence

CEI 60079-1:1998, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 1: Construction, vérification et essais des enveloppes antidéflagrantes de matériel électrique (édition consolidée)*

CEI 60079-2:1983, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 2: Matériel électrique à mode de protection "p"*

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

CEI 60079-11:1999, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 11: Sécurité intrinsèque "i"*

CEI 60079-13:1982, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 13: Construction et exploitation de salles ou bâtiments protégés par surpression interne*

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

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60746 (toutes les parties), *Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques*

CEI 61115:1992, *Expression des qualités de fonctionnement des systèmes de manipulation d'échantillon pour analyseurs de processus*

CEI 61207 (toutes les parties), *Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs à gaz*

CEI 61241 (toutes les parties), *Matériels électriques destinés à être utilisés en présence de poussières combustibles*

CEI 61285:1994, *Commande des processus industriels, Sécurité des bâtiments pour analyseurs*

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

EN 50016, *Electrical Apparatus for Potentially Explosive Atmospheres – Pressurised Apparatus 'p'*

EN 50054, *Electrical Apparatus for the Detection and Measurement of Combustible Gases – General Requirements and Test Methods*

ON-LINE ANALYSER SYSTEMS – GUIDE TO DESIGN AND INSTALLATION

1 General

1.1 Scope

This technical report is a guide applicable to on-line analyser systems. It provides the necessary guidance for the system supplier and user to specify or design a complete analyser system from sample point in the process to the final output for display or control purposes.

1.2 Reference documents

IEC 60079-1:1998, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 1: Construction and verification test of flameproof enclosures of electrical apparatus (consolidated edition)*

IEC 60079-2:1983, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 2: Electrical apparatus – Type of protection "p"*

IEC 60079-10:1995, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-11:1999, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 11: Intrinsic safety "i"*

IEC 60079-13:1982, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 13: Construction and use of rooms or buildings protected by pressurisation*

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

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided for enclosures (IP Code)*

IEC 60746 (all parts), *Expression of performance of electrochemical analyzers*

IEC 61115:1992, *Expression of performance of sample handling systems for process analyzers*

IEC 61207 (all parts), *Expression of performance of gas analyzers*

IEC 61241 (all parts), *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust*

IEC 61285:1994, *Industrial-process control – Safety of analyzer houses*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems*

EN 50016, *Electrical Apparatus for Potentially Explosive Atmospheres – Pressurized Apparatus "p"*

EN 50054, *Electrical Apparatus for the Detection and Measurement of Combustible Gases – General Requirements and Test Methods*

EN 50057, *Electrical Apparatus for the Detection and Measurement of Combustible Gases – Performance Requirements for Group II Apparatus Indicating up to 100 % Lower Explosive Limit*

BS 3116, *Specification for Automatic Fire Alarm Systems in Buildings – Part 4: Control and Indicating Equipment*

BS 5345, *Code of Practice for the Selection, Installation and Maintenance of Electrical Apparatus for use in Potentially Explosive Atmospheres (other than mining applications or explosive processing and manufacture)*

BS 5446, *Specification for Components of Automatic Fire Alarm Systems for Residential Premises – Partie 1: Point-Type Smoke Detectors*

BS 5839, *Fire Detection and Alarm Systems in Buildings – Partie 1: Code of Practice for Installation and Servicing – Partie 2: Specification for Manual Call Points*

BS 5925, *Design of Buildings – Code of Practice for Ventilation Principles and Designing for Natural Ventilation*

BS 6467, *Electrical Apparatus with Protection by Enclosure for use in the Presence of Combustible Dusts – Partie 1: Specification for Apparatus*

BS 6467, *Electrical Apparatus with Protection by Enclosure for use in the Presence of Combustible Dusts – Partie 2: Guide to Selection, Installation and Maintenance*

BS 7535, *Guide to the use of Electrical Apparatus Complying with BS 5501 or*

API, *Manual of Petroleum Measurement Standards – Partie 8: Chapter 8.2 Automatic Sampling of Petroleum (ANSI/ASTM D4177)*

EEMUA Publication n° 175, *Code of Practice for Calibration and Checking Process Analysers (Formerly IP 340)*

Kemps Engineering Year Book

Crane – *Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipes* (Publication 410M (Metric Edition))

Perry and Chilton – *Chemical Engineers Handbook*

Fisher Controls – *Control Valve Handbook*

1.3 Remarques préliminaires

Les analyseurs ont montré leur rentabilité et leur efficacité. En règle générale, leur utilisation est justifiée pour une ou plusieurs des raisons ci-après:

- a) bon fonctionnement des installations, des équipements et des installations hors-sites de processus;
- b) limitation de la dégradation du produit et des coûts de retraitement en cas de perturbation de l'installation, de changement du mode d'exploitation, et au cours d'opérations de mélange et lors de démarrages;
- c) contrôle le plus précis possible des produits afin de garantir le respect des spécifications et de minimiser les gaspillages de qualité;
- d) conservation du haut niveau de rendement de l'installation, qu'il s'agisse des chaudières, des fours, des colonnes de distillation et des réacteurs;
- e) contrôle de la corrosion;
- f) sécurité de l'installation et du personnel;
- g) Mesurage et contrôle de la pollution.

EN 50057, *Electrical Apparatus for the Detection and Measurement of Combustible Gases – Performance Requirements for Group II Apparatus Indicating up to 100 % Lower Explosive Limit*

BS 3116, *Specification for Automatic Fire Alarm Systems in Buildings – Part 4: Control and Indicating Equipment*

BS 5345, *Code of Practice for the Selection, Installation and Maintenance of Electrical Apparatus for use in Potentially Explosive Atmospheres (other than mining applications or explosive processing and manufacture)*

BS 5446, *Specification for Components of Automatic Fire Alarm Systems for Residential Premises – Part 1: Point-Type Smoke Detectors*

BS 5839, *Fire Detection and Alarm Systems in Buildings – Part 1: Code of Practice for Installation and Servicing – Part 2: Specification for Manual Call Points*

BS 5925, *Design of Buildings – Code of Practice for Ventilation Principles and Designing for Natural Ventilation*

BS 6467, *Electrical Apparatus with Protection by Enclosure for use in the Presence of Combustible Dusts – Part 1: Specification for Apparatus*

BS 6467, *Electrical Apparatus with Protection by Enclosure for use in the Presence of Combustible Dusts – Part 2: Guide to Selection, Installation and Maintenance*

BS 7535, *Guide to the use of Electrical Apparatus Complying with BS 5501 or BS 6941 in the Presence of Combustible Dusts*

API, *Manual of Petroleum Measurement Standards – Part 8: Chapter 8.2 Automatic Sampling of Petroleum Products (ANSI/ASTM D4177)*

EEMUA Publication No. 175, *Code of Practice for Calibration and Checking Process Analysers (Formerly IP 340)*

Kemps Engineering Year Book

Crane – *Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipes* (Publication 410M (Metric Edition))

Perry and Chilton – *Chemical Engineers Handbook*

Fisher Controls – *Control Valve Handbook*

1.3 Preliminary remarks

Analysers have proved to be profitable and effective and their application is usually justified for one or more of the following reasons:

- a) operability of process plants, utilities and offsites;
- b) restriction of product degradation and reprocessing costs in cases of plant upsets, change in mode of operation, blending operations and start-ups;
- c) control of products as closely as possible to maintain specification and minimise give-away of quality;
- d) maintaining high efficiency of plant, such as boilers, furnaces, distillation columns and reactors;
- e) corrosion control;
- f) personnel and plant safety;
- g) pollution measurement and control.

1.4 Aspects supplémentaires

Il convient également de tenir compte des aspects suivants:

- a) les analyseurs et leurs systèmes d'échantillonnage associés constituent souvent des installations complexes qui nécessitent l'attention des spécialistes responsables de leur conception et de leur maintenance;
- b) l'implémentation d'analyseurs ne peut se justifier uniquement par la réduction des coûts des essais en laboratoire. En effet, cette économie se trouve souvent annulée par les coûts de maintenance des appareils. Afin de promouvoir l'efficacité d'utilisation des analyseurs par les utilisateurs, il s'est avéré nécessaire de supprimer le dédoublement des analyses par des essais en laboratoire. L'intervention des laboratoires est cependant toujours nécessaire lorsqu'il s'agit de tester les analyseurs, le cas échéant, et en cas d'exigences réglementaires;
- c) il est conseillé de s'intéresser en premier lieu aux analyseurs simple flux lorsque les analyseurs sont prévus pour constituer une partie d'une boucle de commande automatique, par exemple dans le cas où une défaillance unique risquerait de provoquer la perte de plusieurs boucles de commande, lorsque les heures d'actualisation des échantillons sont incompatibles avec la dynamique du système de commande, ou encore en présence d'un risque inadmissible de contamination des échantillons;
- d) afin de garantir l'efficacité d'utilisation des analyseurs, il peut s'avérer nécessaire de les isoler de l'environnement ambiant à l'aide protections.

1.5 Fiabilité

Afin de garantir un fonctionnement fiable, les points suivants doivent être pris en compte:

- a) conception appropriée du système d'échantillonnage;
- b) fiabilité des installations;
- c) protection appropriée contre le froid, les rayons du soleil, la pluie, la poussière et la corrosion;
- d) facilité d'accès à tous les composants de l'analyseur;
- e) maintenance préventive appropriée;
- f) protection contre le rayonnement électromagnétique.

1.6 Conception

Il convient que la conception de l'analyseur autorise la réalisation rapide des opérations de maintenance, de réglage et de réparation et, si possible, lorsque l'analyseur est sous tension. Il est recommandé que les composants sensibles soient facilement accessibles, c'est-à-dire sans nécessiter le démontage/la dépose d'autres éléments ou l'utilisation d'une échelle portable ou autres moyens temporaires. Il convient que la conception globale des analyseurs permette de maintenir à un niveau minimal les émissions de vapeurs et de gaz dangereux ou nocifs et les risques de fuites de liquides.

1.7 Centralisation

La centralisation des analyseurs présente un certains nombres d'avantages économiques, tels que:

- a) une protection unique;
- b) des passages de câbles utilisés pour plusieurs appareils;
- c) des alimentations communes pour l'électricité, l'eau, la vapeur et l'air comprimé, ainsi que des conduits de purge, d'aération et de drainage communs;
- d) la facilité de la maintenance.

1.4 Further considerations

Points also to be taken into consideration are:

- a) analysers and associated sampling systems are often complex installations demanding attention from specialist personnel responsible for their design and maintenance;
- b) the justification for analysers cannot usually be found by the reduction in the cost of laboratory testing, since this saving is often offset by the increase in analyser maintenance costs. To promote the effective use of analysers by operators it has proved necessary to discontinue the duplicating of analyses by laboratory testing. Laboratory facilities are still required for proving the analyser systems as required, and for any statutory requirements;
- c) single stream analysers should be a first consideration especially where analysers are to be used as part of an automatic control loop where, for example, a single failure could result in loss of several control loops, sample update times are incompatible with control system dynamics or there is an unacceptable risk of sample cross-contamination;
- d) for effective use, analysers may require environmental protection in the form of housings.

1.5 Reliability

To achieve reliable operation, the following considerations are relevant:

- a) proper design of the sampling system;
- b) reliable utilities;
- c) proper protection against cold, solar radiation, rain, dust and corrosion;
- d) ease of accessibility of all analyser system components;
- e) adequate preventive maintenance;
- f) protection against electromagnetic radiation.

1.6 Design

The design should permit maintenance, adjustments and repairs to be carried out quickly and preferably whilst the analyser is in operation. Components likely to require attention should be accessible without the need to dismantle/remove other components and without the aid of portable ladders or other temporary means. The overall design should keep to a minimum the emission of hazardous or noxious gases and vapours and the possibility of liquid spillage.

1.7 Centralisation

The centralisation of analysers has a number of likely economic advantages, such as:

- a) single housing;
- b) combined instrument cable channels;
- c) common supplies for power, water, steam and compressed air. Common drain, vent and purge lines;
- d) more convenient for maintenance.

1.8 Installation en local

Il existe néanmoins des circonstances dans lesquelles une installation en local est préférable, par exemple:

- a) lorsque la centralisation générerait des coûts disproportionnés par rapport aux avantages visés;
- b) lorsque la centralisation allongerait de manière excessive les délais de transport des échantillons;
- c) lorsque des problèmes de manipulation des échantillons sont probables, par exemple échantillons cireux, composants présents sous forme de trace.

1.9 Systèmes analyseurs pré-assemblés

En règle générale, les systèmes analyseurs pré-assemblés sont pratiques et économiques. Ces systèmes peuvent comporter un ou plusieurs analyseurs, avec le système de conditionnement d'échantillons et les branchements électriques associés. L'intégration du système dans la conception globale de l'installation doit néanmoins faire l'objet d'un soin particulier.

Ce type de construction présente de nombreux avantages:

- a) les systèmes conçus et fabriqués en usine par un fournisseur spécialisé sont généralement supérieurs à ceux produits par un entrepreneur sur site;
- b) la conception détaillée et le travail de l'entrepreneur sur site sont réduits;
- c) la construction en usine est indépendante des conditions climatiques et des conditions de travail sur site;
- d) la main d'oeuvre sur site n'est souvent pas qualifiée ni expérimentée pour ce genre de travail;
- e) il est possible de tester les systèmes en simulant les conditions d'exploitation et de corriger les erreurs de conception et de construction ainsi que les erreurs des appareils avant la livraison des systèmes sur le site;
- f) il est possible de recourir à des conceptions dont les qualités de fonctionnement sont avérées, ce qui génère des gains importants en termes de coûts et de fiabilité;
- g) la documentation correspondante peut être rassemblée en un seul dossier par le fournisseur spécialisé.

2 Hygiène et sécurité

2.1 Introduction

Les analyseurs doivent être conçus, installés et utilisés de manière à ne représenter aucun risque pour le personnel et pour l'installation.

Les risques principaux sont l'inflammation de substances inflammables et le contact avec des substances toxiques. L'inflammation peut provenir de sources, telles que l'énergie mécanique, l'énergie thermique ou acoustique, les rayonnements optiques et électromagnétiques, ou encore de sources communément associées aux seules installations électriques. Il est également important qu'aucun membre du personnel utilisant les systèmes analyseurs ne s'expose à des risques de blessure supplémentaires, par exemple brûlure, électrocution ou coupure sur des bords tranchants non protégés.

Un certain nombre d'exigences réglementaires relatives aux pratiques de sécurité (par exemple, la directive européenne ATEX 94/9/CE) sont en vigueur dans plusieurs pays et il convient de s'y référer, le cas échéant.

1.8 Local mounting

There are, however, cases where local mounting is desirable for the following reasons:

- a) when the cost of centralisation would be disproportionate to the expected advantages;
- b) when centralisation would result in excessive sample transport time lags;
- c) when sample handling problems are to be expected, e.g. waxy samples, trace components.

1.9 Pre-assembled systems

Pre-assembled analyser systems are generally convenient and economically attractive. They may include one or more analysers with their associated sample conditioning and utility connections. However, care must be taken with the integration of the analyser system into the total plant installation.

There are many advantages in this type of construction:

- a) systems designed and factory constructed by a specialist supplier are generally superior to those normally produced by a contractor on site;
- b) detailed design and effort by site contractor are reduced;
- c) factory construction is independent of weather and labour conditions at site;
- d) manpower at site is not usually skilled and experienced in this type of work;
- e) systems can be fully tested under simulated operating conditions and major design, equipment and construction faults corrected before delivery to site;
- f) proven designs can be used with consequent savings in costs and improved reliability;
- g) all relevant documentation may be incorporated into a single dossier by the specialist supplier.

2 Health and safety

2.1 Introduction

Analyser systems are required to be designed, installed and operated in such a manner that they are non-hazardous to personnel and plant.

The principle hazards are ignition of flammable substances and contact with toxic substances. Ignition sources can be mechanical, thermal, acoustic energy, optical and electromagnetic radiation as well as those more commonly associated purely with electrical installations. It is also important that personnel coming into contact with analyser systems do not suffer injury from additional hazards such as burns, electric shock and cuts from exposed sharp edges.

A number of statutory requirements pertaining to safe practices (e.g. the European ATEX Directive 94/9/EC) are in force in many countries and should be referred to as necessary.

La classification des emplacements dangereux pour les gaz et les vapeurs inflammables peut varier d'un pays à l'autre. Il existe cependant deux approches principales. La première est d'origine européenne et base sa classification sur des «zones», tandis que la seconde est issue d'Amérique du Nord et se fonde sur des «divisions». Dans la mesure du possible, le présent rapport se réfère aux définitions des emplacements dangereux dits zone 0, zone 1 et zone 2, telles que stipulées par les normes européennes et CEI. Selon la classification nord-américaine, les catégories correspondantes sont la division 1 (qui recouvre les zones 0 et 1) et la division 2 (qui recoupe la zone 2).

Pour les poussières combustibles, il existe aujourd'hui deux types d'emplacements dangereux, à savoir la zone Z et la zone Y (qui correspondent respectivement aux zones 1 et 2 de la classification gaz/vapeurs). Les normes CEI en cours d'élaboration (CEI 61241-1 et CEI 61241-2) ont établi une nomenclature semblable à celle des zones pour les gaz et les vapeurs, en ajoutant le préfixe 2. Les catégories pour les poussières combustibles sont donc Zone 20, zone 21 et zone 22.

Dans le présent rapport, les termes zone 0, zone 1 et zone 2 sont employés pour désigner les différentes catégories d'emplacements dangereux, sauf lorsque l'on veut se référer en particulier aux gaz ou vapeurs inflammables ou aux poussières combustibles. En général, les zones équivalentes Z et Y (zones 20, 21 et 22 de la nomenclature CEI) sont donc implicitement sous-entendues.

En cas d'installation d'analyseurs dans des bâtiments pour analyseurs, les problèmes de sécurité abordés dans le présent rapport sont conformes à la CEI 61285.

2.2 Prévention des explosions et des incendies

2.2.1 Gaz et vapeurs inflammables

Les conditions applicables à l'installation d'analyseurs sont généralement similaires à celles de l'installation de tout autre matériel électrique dans des emplacements dangereux. Ces conditions sont précisées dans la CEI 60079-14 et dans la CEI 60079-10. Ces publications recommandent à leur tour l'utilisation d'appareils fabriqués selon les normes CEI traitées dans d'autres parties de la CEI 60079. La CEI 60079 traite des différents types de protection utilisés, par exemple:

- | | | |
|-----------------|-----------------------------|--------|
| a) CEI 60079-1 | Enveloppes antidéflagrantes | Ex «d» |
| b) CEI 60079-2 | Systèmes sous pression | Ex «p» |
| c) CEI 60079-11 | Sécurité intrinsèque | Ex «i» |

Les analyseurs tendent à se distinguer des autres appareils électriques par le fait qu'ils amènent des produits dangereux à l'intérieur de l'enveloppe électrique et qu'ils doivent, de ce fait, faire l'objet d'une attention spécifique en ce qui concerne la certification électrique.

La CEI 60079-2 relative à la protection de type Ex «p» couvre les cas où la source de dégagement de produits inflammables est externe à l'appareil et les cas où elle est interne.

Les mesures prises lorsque les sources de dégagement sont internes ont pour objectif de réduire le risque d'explosion. Pour ce faire, les joints à l'intérieur de l'enveloppe sont supprimés, ce qui permet de minimiser le risque de dégagement de produits dangereux, et toutes les précautions sont prises pour empêcher la formation d'un environnement dangereux, dans le cas improbable d'un dégagement interne de produits inflammables. Une ou plusieurs des méthodes suivantes sont utilisées:

- a) Raccordements de tuyauterie à joints étanches à l'intérieur de l'enveloppe. Cette mesure s'applique en premier lieu aux échantillons liquides pour lesquels aucune fuite ne peut être tolérée, quelle que soit son ampleur.

For flammable gases and vapours, hazardous area classifications can vary from country to country but there are two commonly accepted approaches one of which originated in Europe with the concept of "zones" and the other which originated in North America with the concept of "divisions". Where applicable, this report refers to classified area definitions of zone 0, zone 1 and zone 2 in accordance with European and IEC standards. The equivalent North American classifications are division 1 (covers both zone 0 and zone 1) and division 2 (covers zone 2).

For flammable dusts, hazardous areas are presently divided into two zones. The two dust zones are zone Z and zone Y (equivalent to the gas/vapour zone 1 and zone 2 respectively). The IEC standards in preparation (IEC 61241-1 and IEC 61241-2) have agreed a nomenclature similar to gases and vapours but with a prefix of a 2 to give zone 20, zone 21 and zone 22.

Unless reference is specific to flammable gas/vapour or combustible dust the terms of zones 0, 1 and 2 will be used for hazardous area classification reference. In this case the equivalent zone Z and zone Y (zones 20, 21 and 22 using IEC nomenclature) will be implied.

When installing analysers within houses' safety aspects discussed in this report are in accordance with IEC 61285.

2.2 Prevention of explosions and fires

2.2.1 Flammable gases and vapours

Generally the same conditions apply to the installation of analysers as with installation of any other electrical equipment in hazardous areas. These conditions are outlined in IEC 60079-14 and IEC 60079-10. These publications in turn call for the use of equipment manufactured to IEC standards covered in other parts of IEC 60079. IEC 60079 covers individual types of protection used, for example:

- IEC 60079-1 Flameproof Ex "d"
- IEC 60079-2 Pressurised Ex "p"
- IEC 60079-11 Intrinsically safe Ex "i"

Analysers tend to differ from other electrical equipment in that in many instances they bring hazardous materials inside the electrical enclosure and therefore need special consideration for electrical certification.

IEC 60079-2, which deals with type of protection Ex "p", covers both for situations where the source of release of flammable material is external to the equipment and for internal sources of release.

The measures taken for internal sources of release are designed to reduce the possibility of an explosion by eliminating any joints inside the enclosure to minimise the potential for a release in the first place and by ensuring that a hazardous condition is not produced in the unlikely event of an internal release of flammable material. This is achieved by the use of one or more of the following methods.

- a) Hermetically sealed pipework connections inside the enclosure. This applies in the main to liquid samples for which no leak of any size can be tolerated.

- b) A l'intérieur de l'enveloppe, seuls des équipements agréés pour une utilisation dans les zones 1 ou 0 sont utilisés lorsqu'il s'agit d'éléments représentant une source d'inflammation potentielle.
- c) Dilution de l'atmosphère interne à l'intérieur de l'enveloppe avec de l'air à moins de 20 % de la limite basse d'explosivité (LEL).
- d) Limitation de la source de dégagement à l'extérieur par des dispositifs d'étranglement du flux/des vannes d'arrêt.
- e) Pressurisation de l'enveloppe au moyen d'un gaz inerte.

Pour empêcher la formation de conditions dangereuses en cas de dysfonctionnement de l'alimentation en gaz protecteur lorsque sont utilisées une purge par dilution ou une pressurisation avec du gaz inerte, il convient de prévoir l'installation d'alarmes de débit et de pression appropriées. Les mesures prises lorsque l'alarme a été reçue diffèrent en fonction de la classification de l'atmosphère extérieure à l'enveloppe en zone 0, 1 ou 2 et en fonction de la présence ou de l'absence de formes de protection supplémentaires de l'équipement à l'intérieur de l'enveloppe.

Il est possible de minimiser l'importance des mesures décrites ci-dessus, par exemple:

- a) en limitant la quantité de substances potentiellement dangereuses utilisées, susceptibles de se dégager en cas de fuite,
- b) en appliquant les pressions et les températures de service les plus basses possibles pour l'échantillon à analyser,
- c) en réduisant la dissipation de puissance des équipements électriques non certifiés installés dans l'enveloppe principale,
- d) en faisant en sorte que la conception de l'installation ne puisse pas générer des températures de surface supérieures à la température d'inflammation des gaz ou des vapeurs pouvant être présents.

2.2.2 Poussières combustibles

De nombreuses poussières sont combustibles. Par conséquent, lorsque des poussières risquent d'être présentes dans les systèmes analyseurs ou d'entrer en contact avec eux, il convient que les équipements et systèmes électriques qui doivent être installés dans des zones rendues dangereuses par la présence de poussières combustibles soient conformes aux normes nationales et internationales correspondantes (par exemple BS 6467 Partie 1, BS 7535, CEI 61241-1 et CEI 61241-2).

Il convient de sélectionner les équipements électriques à utiliser en présence de poussières combustibles selon les critères suivants:

- a) conception permettant d'éviter toute accumulation de poussières, tout problème de frottement et toute augmentation de température;
- b) protection d'entrée conforme à la classification de l'emplacement et à la nature des poussières;
- c) température de surface maximale adaptée à la température d'inflammation minimale des poussières.

Il convient que les appareils situés dans des emplacements de type Z soient dotés d'une protection d'entrée IP6x (hermétique à la poussière conformément à la CEI 60529).

Il convient que les appareils situés dans des emplacements de type Y soient au minimum équipés d'une protection d'entrée IP5x (protégée contre la poussière conformément à la CEI 60529).

Lorsque l'inflammation d'une petite quantité de poussières à l'intérieur de l'enveloppe risque de se propager vers l'atmosphère extérieure (inflammation en chaîne), il convient que la protection d'entrée soit de type IP6x et ce, quelle que soit la classification de l'emplacement.

- b) Restriction of internal components with potential as a source of ignition to suitably certified equipment for use in zone 1 or zone 0 applications.
- c) Dilution of the atmosphere inside the enclosure with air to below 20 % of the lower explosive limit.
- c) Limit the source of release externally by means of flow restrictors/shut-off valves.
- d) Pressuring the enclosure with an inert gas.

In order to ensure that a dangerous condition does not develop if the protective gas supply fails when using dilution purging or pressurisation with inert gas suitable flow and pressure alarms should be installed. The actions taken on receiving the alarm will depend on whether the atmosphere external to the enclosure is zone 0, zone 1 or zone 2 and whether the equipment inside the enclosure is protected by some other means.

The extent to which the measures outlined above need to be applied can be minimised for instance:

- a) minimising the quantity of potentially dangerous materials used and that can be released in the event of a leak;
- b) using the lowest possible operating pressures and temperatures for the sample being presented for analysis;
- c) reducing the power dissipation of any non certified electrical equipment installed within the main enclosure of the equipment;
- d) ensuring that the design does not produce surface temperatures above the ignition temperature of the gases or vapours that may be present.

2.2.2 Combustible dusts

Many dusts can be combustible and if such dusts are likely to be present and in contact with analyser systems then the electrical equipment and systems for installation in hazardous areas generated by combustible dusts should comply with relevant national and international standards (e.g. BS 6467, Part 1, and BS 7535, IEC 61241-1 and IEC 61241-2).

Electrical equipment for use in the presence of combustible dust should be selected in accordance with each of the following criteria:

- a) the construction in order to avoid accumulation of dusts, frictional problems and thermal gain;
- b) the ingress protection in respect of the area classification and the nature of the dust;
- c) the maximum surface temperature in respect of the minimum ignition temperature of the dust.

Apparatus in zone Z areas should be to ingress protection IP6x (dust tight to IEC 60529).

Apparatus in zone Y areas should be to a minimum of ingress protection IP5x (dust protected to IEC 60529).

Where ignition of a small amount of dust within an enclosure can spread to the external atmosphere (train firing), the ingress protection IP6x should be used whatever the area classification.

2.2.3 Gaz ou vapeurs inflammables et poussières combustibles

Il convient que la classification d'emplacement des installations où des gaz ou des vapeurs inflammables et des poussières combustibles peuvent se trouver simultanément tienne compte des risques induits par la présence de ces deux types de substances et reflète les résultats des études réalisées sur ces substances.

2.3 Prévention des dangers liés aux substances toxiques

Pendant la conception d'un système, il convient de prendre en considération la toxicité des substances de façon à ne pas dépasser les limites d'exposition professionnelle (OEL) de ces substances dans l'atmosphère. Ces valeurs sont définies par des exigences nationales et il est nécessaire de consulter les autorités compétentes en la matière (par exemple, l'HSE au Royaume-Uni – Guidance Note EH40 Occupational Exposure Limits, l'ACGIH aux Etats-Unis, etc.). En Europe, les limites nationales sont fixées conformément aux directives européennes.

Il est important de souligner que de nombreuses substances atteignent la limite d'exposition à court terme bien avant d'atteindre la valeur limite basse d'inflammabilité.

Les analyseurs manipulant des substances toxiques peuvent nécessiter une installation dans des bâtiments séparés et dûment identifiés (voir 3.4.2).

Avant le démontage, il est très important de procéder à la purge des systèmes d'échantillonnage contenant des substances toxiques ou dangereuses.

Certains analyseurs comportent des composants toxiques et leur maintenance nécessite un grand soin (par exemple, réactifs restés après titration dans l'analyseur de liquides et certains matériaux de construction).

Il convient de stocker et d'acheminer les échantillons d'étalonnage toxiques depuis l'extérieur des bâtiments pour analyseurs (voir 4.12, alinéa 6).

2.4 Sécurité de l'installation

Lorsque l'analyseur est utilisé pour assurer la sécurité de l'installation ou du processus industriel (par exemple, prévention des situations dangereuses ou détection d'une perte de confinement), il convient que sa conception, son installation et son fonctionnement soient conformes aux exigences de la CEI 61508.

2.5 Risques liés aux rayonnements

Les appareils et les enveloppes contenant des sources radioactives doivent être clairement identifiés et manipulés conformément aux exigences réglementaires nationales correspondantes, par exemple SI 808 Ionising Radiations Regulations (Royaume-Uni) et Radioactive Substances Act (Royaume-Uni).

2.6 Dispositifs de sécurité

Il se peut que des systèmes d'alarme et de surveillance des gaz soient nécessaires pour les substances inflammables et toxiques (voir 3.9).

Il est recommandé de disposer d'extincteurs et/ou de couvertures anti-feu dans les bâtiments contenant des substances inflammables. Il peut également s'avérer utile de disposer d'un équipement de détection et de lutte anti-incendie automatique (voir 3.9).

Des issues de secours peuvent être nécessaires (voir 3.5.3).

Dans les bâtiments contenant des substances alcalines, acides ou toxiques, il convient de prévoir des douches et des collyres.

2.2.3 Flammable gases, vapours and combustible dusts

On installations where there can be simultaneous presence of flammable gas or vapour and combustible dust, the area classification should consider the probability of both hazards and the area classification should reflect the results of both studies.

2.3 Prevention of toxic hazards

When a system is designed, the toxicity of the substances should be considered so that the occupational exposure limits (OEL) of the substances in the atmosphere are not exceeded. These values are dependent on the particular national requirements and the relevant bodies need to be consulted (e.g. HSE in UK – Guidance Note EH40 Occupational Exposure Limits, ACGIH in USA, etc.) In Europe national limits are set in accordance with European directives where appropriate.

It should be noted that many substances will reach the short-term exposure limit long before the lower flammable limit value.

Analysers handling toxic substances may need to be separately housed and clearly identified (see 3.4.2).

Attention is drawn to the need for the purging of sampling systems containing toxic or otherwise dangerous substances prior to disassembly.

Some analysers contain toxic components and care is needed during maintenance, e.g. reagents in wet chemical analysers and certain materials of construction.

Toxic calibration samples should be stored and piped from outside analyser housings (see 4.12, paragraph 6).

2.4 Plant safety

Where an analyser system is being used to ensure plant or process safety (e.g. preventing a hazardous event or detecting loss of containment) it should also be designed, installed and operated in accordance with the requirements of draft IEC 61508.

2.5 Radiation hazards

Apparatus and enclosures containing radioactive sources shall be clearly identified and handled in accordance with the relevant national statutory regulations, e.g. SI 808 Ionising Radiations Regulations (UK) and Radioactive Substances Act (UK).

2.6 Safety facilities

Gas monitoring and alarm systems for flammable and toxic substances may be necessary (see 3.9).

Fire extinguishers and/or fire blankets should be made readily available at housings containing flammable substances. Fire detection and automatic suppression equipment may also be appropriate (see 3.9).

Escape facilities may be necessary (see 3.5.3).

Housings containing toxic, acid or alkaline materials should have eye baths and showers readily accessible.

2.7 Dispositifs d'arrêt manuel

Il convient d'installer des dispositifs d'arrêt manuel à proximité des analyseurs.

Dans le cas des armoires, des abris ou des bâtiment pour analyseurs, il convient d'installer ces dispositifs à l'extérieur du bâtiment.

Il est conseillé que ces dispositifs isolent l'échantillon, le gaz porteur et les alimentations électriques de l'analyseur et des équipements associés.

Il convient d'installer un dispositif d'arrêt séparé pour les ventilateurs d'aération du bâtiment.

2.8 Bruit

Il est recommandé d'accorder une attention particulière aux niveaux de bruit à l'intérieur des bâtiments pour analyseurs en se référant, par exemple, au Code of Practice for Reducing the Exposure of Employed Persons to Noise – publié par le Department of Employment du Royaume-Uni.

Les principales sources de bruit proviennent des systèmes de ventilation et des usines frigorifiques.

2.9 Indication d'alarme

Il convient de placer des voyants d'alarme à l'extérieur des bâtiments pour analyseurs et de les disposer de façon qu'ils soient visibles depuis toutes les entrées et voies d'accès. Il est recommandé que les voyants d'état du bâtiment pour analyseurs soient actifs dans les conditions d'alarme comme dans les conditions normales – ces dernières (par exemple, voyant vert) indiquant une configuration de sécurité intégrée.

A l'intérieur des bâtiments pour analyseurs, il est recommandé de compléter les indications d'alarmes visuelles par une alarme sonore. Dans des zones à haut niveau de bruit, il convient d'utiliser des lumières stroboscopiques très visibles.

3 Bâtiments

3.1 Introduction

Les analyseurs et les systèmes d'échantillonnage des analyseurs nécessitent différents degrés de protection, selon le type d'analyseur, l'importance de l'application et l'environnement dans lequel ils doivent fonctionner. Lorsque le boîtier de l'instrument n'est pas adapté à l'environnement de travail, il convient de prévoir une protection supplémentaire. Son rôle est d'assurer une qualité de fonctionnement satisfaisante de l'appareil et de faciliter la maintenance.

Le choix de la protection adaptée à un système analyseur donné dépend d'un certain nombre de facteurs, dont:

- a) la classification de l'emplacement dans lequel l'analyseur va se situer;
- b) les exigences particulières formulées par les autorités compétentes en matière de sécurité ou par l'utilisateur;
- c) les conditions ambiantes sur le site (par exemple, température, pluie, humidité, neige, vent, poussière/sable, exposition directe aux rayons du soleil, atmosphère corrosive, activité sismique);
- d) l'environnement conseillé par le vendeur pour que le fonctionnement soit fiable, précis et/ou sûr;
- e) la protection requise pour les équipements et le personnel pendant les interventions de maintenance;

2.7 Manual shut-down facilities

Manual shut-down devices should be fitted close to the analysers.

In the case of analyser cabinets, shelters or houses, these devices should be outside the housing.

These devices should isolate sample, carrier gas and electrical supplies to the analyser and associated equipment.

A separate shut-down device should be fitted for house ventilation fans.

2.8 Noise

Attention should be paid to noise levels within analyser housings, e.g. Code of Practice for Reducing the Exposure of Employed Persons to Noise – Issued by the UK Department of Employment.

The most likely sources of noise are from ventilation systems and water chiller units.

2.9 Alarm indication

Alarm lamps should be situated outside analyser houses and be visible from all entrance and access routes. Analyser house status lamps should be provided for both alarm and normal conditions – indication of normal condition (e.g. green lamp) provides a fail safe configuration.

Visual alarm indications should also be provided for inside the analyser house accompanied by a common audible alarm. In areas of high noise levels a high visibility strobe light should be used.

3 Housings

3.1 Introduction

Analysers and analyser sampling systems require varying degrees of protection, depending on the type of analyser, importance of application and the environment in which it has to operate. Where the instrument case itself is not suitable for the working environment, additional protection should be provided. This additional protection is to ensure satisfactory performance of the instrument and to facilitate maintenance.

The selection of the housing required for a particular analyser system depends on a number of factors, such as:

- a) classification of the area in which the analyser is to be located;
- b) special requirements specified by the relevant safety authority or user;
- c) range of ambient conditions at site (e.g. temperature, rain, humidity, snow, wind, dust/sand, direct sunlight, corrosive atmosphere, seismic activity);
- d) environment specified by the analyser vendor for reliable, accurate and/or safe operation;
- e) protection required for equipment and personnel during maintenance operations;

- f) les exigences relatives à la maintenance et à l'accessibilité des composants du système;
- g) des considérations économiques (par exemple, coûts de maintien, coûts d'investissement).

Le présent article est plus spécifiquement consacré à la description des bâtiments pour analyseurs situés dans des emplacements dangereux et/ou dans lesquels des échantillons dangereux sont manipulés. Les bâtiments pour analyseurs situés dans des emplacements non dangereux et dans lesquels ne sont manipulés aucun échantillon inflammable ou toxique, aucun fluide toxique ou corrosif, aucun mélange d'étalonnage, et où aucun dégagement potentiel important de gaz asphyxiant ou encore aucun air provenant d'emplacements dangereux ne peut être présent, doivent uniquement constituer l'environnement nécessaire à un fonctionnement précis et fiable du système, sans conditions particulières de ventilation.

Quatre types de protection sont présentés:

- boîtier d'analyseur;
- armoire à analyseurs;
- abri à analyseurs;
- bâtiment pour analyseurs.

La CEI 61285 traite de tout ce qui concerne la sécurité des bâtiments pour analyseurs. Pour des raisons de clarté et de continuité du présent rapport, il a été inévitable de reproduire certains passages de cette norme.

3.2 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions suivantes s'appliquent.

3.2.1

logement

terme générique désignant l'un des quatre termes ci-après. Selon la CEI 61285 le terme bâtiment pour analyseurs (AH) est employé uniquement pour désigner un bâtiment destiné aux analyseurs

3.2.2

boîtier

enveloppe faisant partie de l'appareil

3.2.3

armoire à analyseurs

bâtiment de faibles dimensions avec une enveloppe, dans lequel plusieurs analyseurs sont installés indépendamment les uns des autres ou groupés. La maintenance s'effectue depuis l'extérieur, par la ou les porte(s) ouverte(s)

3.2.4

abri à analyseurs

structure dont un ou plusieurs côtés sont ouverts et permettent la libre circulation de l'air, dans laquelle sont installés un ou plusieurs analyseurs. Généralement, la maintenance s'effectue sous la protection offerte par l'abri

3.2.5

bâtiment pour analyseurs (AH)

bâtiment, ou partie d'un bâtiment, avec une enveloppe, dans lequel sont installés un ou plusieurs analyseurs de processus ainsi que les équipements associés. Ce bâtiment reçoit les flux d'analyse et la visite régulière du personnel autorisé. Un système de ventilation naturelle ou forcée est utilisé. En règle générale, la maintenance de l'analyseur s'effectue à l'intérieur du bâtiment

- f) maintenance and accessibility requirements of the system components;
- g) economic considerations (e.g. whole life cost, capital expenditure).

This clause primarily describes analyser housings located in hazardous areas and/or into which hazardous samples are introduced. Analyser housings located in a non-hazardous area and into which no flammable or toxic samples, services, calibration mixtures, large potential releases of asphyxiants, or air from a hazardous area are introduced are only required to provide the necessary environment for accurate and reliable operation without any special conditions for ventilation.

Four types of housing are considered:

- analyser case;
- analyser cabinet;
- analyser shelter;
- analyser house.

Safety aspects associated with analyser houses are covered by the IEC 61285. For clarity and continuity, duplication of some of this standard has been unavoidable in the following guidance.

3.2 Definitions

For the purpose of this technical report, the following definitions apply:

3.2.1 housing

a general term including any of the following. In accordance with IEC 61285 the term analyser house (AH) is used when referring specifically to an analyser house

3.2.2 analyser case

an enclosure forming part of the instrument

3.2.3 analyser cabinet

a small enclosed housing in which analysers are installed singly or grouped together. Maintenance is carried out from outside the cabinet with the door(s) open

3.2.4 analyser shelter

a structure with one or more sides open and free from obstruction to the natural passage of air, in which one or more analysers are installed. The maintenance of the analyser is normally performed in the protection of the shelter

3.2.5 analyser house (AH)

an enclosed building or part of a building containing one or more process analysers and associated equipment where streams for analysis are brought in and which is regularly entered by authorised personnel. Either natural or forced ventilation is used. The maintenance of the analyser is normally carried out from within the house

3.3 Sélection du logement

3.3.1 Boîtier d'analyseur

Les analyseurs, tels les pH-mètres, les appareils de mesure de la conductivité électrolytique, etc., peuvent être installés directement à l'extérieur (uniquement dans le boîtier), à condition qu'ils soient conformes aux spécifications de la classification des emplacements dangereux et aux spécifications environnementales.

Cette méthode offre l'avantage de permettre la ventilation naturelle du boîtier et donc d'éliminer tout risque d'accumulation de gaz et de vapeurs inflammables et tout risque de formation d'une atmosphère explosive à l'extérieur du boîtier. Cette méthode d'installation est la plus économique. Son inconvénient est néanmoins l'absence de protection de l'environnement de l'équipement ou du personnel de maintenance. Il est nécessaire de spécifier soigneusement l'équipement de façon à minimiser les attaques de corrosion. Sa durée de vie peut, par ailleurs, être inférieure à celle d'un équipement installé dans une armoire, dans un abri ou dans un bâtiment. De façon générale, ce type de protection ne convient pas pour les analyseurs qui nécessitent un environnement chauffé ou une maintenance importante.

3.3.2 Armoire à analyseurs

Dans les armoires, les analyseurs peuvent être installés individuellement ou en groupe, à condition d'être conformes au type d'emplacement dangereux à l'intérieur de l'armoire. La classification d'emplacement dangereux dépend à son tour de l'emplacement de l'armoire, de sa construction, du degré de ventilation, et enfin de la présence éventuelle de sources de dégagement internes dans l'armoire.

Il convient de satisfaire aux conditions liées à l'environnement et aux spécifications des fabricants d'analyseurs et de permettre un accès facile à l'équipement pour la maintenance. Les armoires à analyseurs constituent une solution avantageuse d'amélioration de la protection environnementale des analyseurs.

Si nécessaire, le type de ventilation utilisée est généralement la ventilation naturelle. Cette méthode a l'avantage de permettre une ventilation continue et indépendante des défaillances mécaniques. Dans le meilleur des cas néanmoins, la ventilation naturelle ne change en rien les conditions de classification dans un emplacement dangereux donné et il convient de veiller à la certification appropriée de l'équipement.

Lorsque la ventilation naturelle est utilisée, qu'il est impossible d'utiliser un analyseur certifié et que l'armoire doit être installée dans une zone dangereuse, il convient d'appliquer des mesures de protection supplémentaires, telles que des purges de pression, afin d'empêcher que les produits inflammables qui pourraient pénétrer dans l'armoire n'entrent en contact avec des sources potentielles d'inflammation dans l'analyseur. Lorsque la conception de l'analyseur augmente le risque d'une source interne de dégagement de produits inflammables, il faut envisager des mesures supplémentaires (voir 2.2.1).

Cependant, avec les armoires, il est difficile d'accéder aux analyseurs pour la maintenance autrement que par l'avant. De plus, la taille de l'analyseur est limitée par celle de l'armoire et il n'existe aucune protection pour le personnel de maintenance.

3.3.3 Abri à analyseurs

Cette construction est recommandée dans les cas où l'analyseur est conforme à la classification de son emplacement et où les conditions environnementales sont conformes aux spécifications du fabricant.

Un abri représente une solution pratique pour les équipements ne nécessitant qu'une protection minimale.

3.3 Selection of housing

3.3.1 Analyser case

Analysers such as pH meters, electrolytic conductivity meters, etc. may be installed directly in the open (enclosed only in the case) provided they comply with the specification of hazardous area classification and environment.

The advantages of this method are that the area around the case is naturally ventilated so there is no risk of accumulation, in terms of flammable gases and vapours, of an explosive atmosphere outside the casing. This is the lowest cost method of installation. The disadvantages are that there is no environmental protection for equipment or maintenance personnel. Equipment must be carefully specified to minimise corrosion attack and it may not have as long an operational life as equipment which is installed in a cabinet, shelter or AH. This method of housing is generally unsuitable when analysers require heating or extensive maintenance.

3.3.2 Analyser cabinet

Analysers may be installed singly or grouped in cabinets provided that the equipment is installed in accordance with the hazardous area classification within the cabinet which in turn will depend on the location of the cabinet, its construction, the degree of ventilation and whether internal sources of release are present within the cabinet.

Environmental conditions and the analyser manufacturer's specification should be met and the equipment made easily accessible for maintenance. Analyser cabinets provide a low cost means of improving environmental protection for analysers.

Natural ventilation is normally used for cabinet ventilation when required. The advantage of a naturally ventilated method is that ventilation is permanent and independent of mechanical failure. However, natural ventilation will at best only maintain the surrounding hazardous area classification and all equipment should be suitably certified accordingly.

When using natural ventilation and where use of a non-certified analyser is unavoidable and the cabinet is to be installed in a hazardous area, additional protective measures, such as pressurised purging, need to be applied to the analyser to prevent any flammable materials entering the cabinet coming into contact with potential sources of ignition inside the analyser. If the analyser design gives rise to the potential for an internal source of release of flammable material, additional measures need to be considered (see 2.2.1).

The disadvantages of cabinets are that it is difficult to make the analysers easily accessible other than from the front for maintenance, there is a practical limit on the size of analyser installed and no protection is provided for maintenance personnel.

3.3.3 Analyser shelter

This construction may be used when the analysers comply with the hazardous area classification of the location and the environmental conditions comply with the analyser manufacturer's specification.

A shelter may be conveniently used for equipment requiring minimal protection.

Il est également avantageux dans les endroits où des substances hautement toxiques sont manipulées.

Un abri offre l'avantage de permettre le groupement des analyseurs, l'accès facile pour la maintenance, une certaine protection du personnel de maintenance et enfin une ventilation naturelle continue.

En revanche, un abri ne permet pas de modifier la classification d'emplacement dangereux et n'offre qu'une faible protection environnementale.

3.3.4 Bâtiment pour analyseurs (AH)

Le bâtiment pour analyseurs constitue l'installation la plus onéreuse. Son choix se justifie cependant pour les analyseurs qui requièrent un niveau de protection élevé et risquent de nécessiter une surveillance régulière et des interventions de maintenance fréquentes. De tels analyseurs peuvent être installés dans un bâtiment pour analyseurs qui permet de surveiller l'environnement pendant le fonctionnement et les opérations de maintenance. Par ailleurs, le bâtiment pour analyseurs est censé réduire les coûts de maintenance à long terme.

Ce type de protection est un choix judicieux lorsque les conditions ambiantes sont extrêmes.

Le type de ventilation peut être une ventilation naturelle ou forcée.

La ventilation naturelle permet une surveillance limitée de l'environnement. Par ailleurs, dans le meilleur des cas, la classification de l'emplacement à l'intérieur du bâtiment correspond à celle de l'atmosphère environnante. Cette ventilation a l'avantage d'être peu coûteuse et assez simple, puisqu'elle fonctionne en continu et n'est pas soumise aux défaillances mécaniques.

La ventilation forcée permet de surveiller étroitement l'environnement à l'intérieur de la structure, et il est ainsi possible d'opter pour une classification d'emplacement dans le bâtiment en fonction du système de protection. Cette méthode a l'avantage de permettre l'utilisation d'un équipement non certifié dans le bâtiment pour analyseurs, à condition que l'air servant à la ventilation provienne d'une zone sûre et que les systèmes de ventilation et d'alarme soient actifs.

3.4 Classification des emplacements et risque de dégagement toxique

3.4.1 Classification des zones électriques

Il convient de classer la zone intérieure du bâtiment, de l'abri ou de l'armoire conformément à la CEI 60079-10 et au chapitre 3 révisé du IP Model Code of Safe Practice in the Petroleum Industry. En présence de poussières combustibles, il est recommandé que la classification respecte les normes nationales correspondantes (par exemple, BS 6467, Partie 2). Les bâtiments pour analyseurs sont des «locaux fermés ou ouverts» au sens des normes de la CEI et du IP Electrical Safety Code. Il convient que les équipements et les mesures de protection mis en oeuvre dans ces bâtiments satisfassent à la classification de zone.

Il convient de noter que la présence de substances dangereuses dans le bâtiment pour analyseurs (par exemple, hydrogène comme gaz porteur, échantillons en cours d'analyse, échantillons d'étalonnage) peut se répercuter sur la classification de l'emplacement du bâtiment, de l'abri ou de l'armoire.

Dans la mesure du possible, le présent rapport se réfère aux définitions des emplacements dangereux dits zone 0, zone 1 et zone 2, telles que stipulées par les normes européennes et de la CEI. Selon la classification nord-américaine, les catégories correspondantes sont la division 1 (qui recouvre les zones 0 et 1) et la division 2 (qui recoupe la zone 2).

A shelter is advantageous where highly toxic materials are handled.

The advantages are that it facilitates the grouping of analysers, allows easy access for maintenance and affords some protection for maintenance personnel, as well as affording permanent natural ventilation.

Its disadvantages are that it does not give the facility to change the hazardous area classification and affords only minimum environmental protection.

3.3.4 Analyser house (AH)

The AH is the highest cost installation but is usually justified for analysers, which require a high degree of protection, which are expected to require regular attention and from which a high service factor is required. These analysers may be installed in an AH which affords a controlled environment for operations and maintenance and should reduce long term maintenance costs.

This type of protection is advantageous where extreme ambient conditions are encountered.

The two alternatives for the ventilation system are either the natural ventilation system or the forced ventilation system.

The natural ventilation system provides limited control of the environment and the area classification within the AH will at best be the same as the surrounding atmosphere. The advantages are a simpler and cheaper installation, since natural ventilation is permanent and independent of mechanical failure.

The forced ventilation system can closely control the environment within the structure and the area classification within the AH can be chosen depending on the protective system. An advantage is that uncertified equipment can be used in the AH provided ventilation air is drawn from a safe area and the ventilation system and the alarm system are operating.

3.4 Area classification and toxic danger

3.4.1 Electrical area classification

The area within the AH, shelter or cabinet should be classified in accordance with IEC 60079-10 and revised Chapter 3 of the IP Model Code of Safe Practice in the Petroleum Industry. If combustible dusts are present classification should be in accordance with relevant national standards (e.g. BS 6467, Part 2). Analyser housings are "enclosed or open premises" within the meaning of the IEC standards and the IP Electrical Safety Code. All equipment and protective measures used in these housings should be suitable for use in accordance with the area classification.

It should be noted that hazardous materials associated with the AH (e.g. hydrogen as a carrier gas, samples being analysed, calibration samples) may also affect the area classification of the location where the AH, shelter or cabinet is situated.

Where applicable this report refers to classified area definitions of zone 0, zone 1 and zone 2 in accordance with European and IEC standards. Equivalent North American classifications are division 1 (covers both zone 0 and zone 1) and division 2 (covers zone 2).

Dans le présent rapport, les termes zone 0, zone 1 et zone 2 sont employés pour désigner les différentes catégories d'emplacements dangereux, sauf lorsque l'on veut se référer en particulier aux gaz ou vapeurs inflammables ou aux poussières combustibles. En général, les zones équivalentes Z et Y (zones 20, 21 et 22 de la nomenclature CEI) sont donc implicitement sous-entendues.

3.4.2 Risque de dégagement toxique

Il convient que les exigences en matière de ventilation applicables aux bâtiments pour analyseurs, dans lesquels des substances toxiques sont introduites, garantissent que la teneur de ces dernières reste inférieure à la limite d'exposition professionnelle (OEL), dans des conditions normales ou dans toute condition de dysfonctionnement probable. Il est recommandé d'interdire l'accès aux bâtiments dans lesquels la teneur en substances toxiques peut être supérieure à valeur OEL en l'absence de surveillance, de détection et de protection appropriés. Il convient de placer sur les portes ou sur le boîtier un panneau avertissant de la présence possible de gaz hautement toxiques à l'intérieur du bâtiment. Les seuils OEL sont définis au niveau national et il est nécessaire, pour les connaître, de consulter les instances compétentes en la matière (par exemple l'HSE au Royaume-Uni – Guidance Note EH40 Occupational Exposure Limits).

3.5 Construction et montage

3.5.1 Généralités

Il convient que l'utilisateur spécifie toute préférence relative au type de construction, dans la limite des variantes ci-dessous.

3.5.2 Bâtiment pour analyseurs

Les lignes directrices ci-dessous s'appliquent à tous les types de bâtiments:

Il est recommandé que les matériaux de construction soient ignifuges et résistent aux attaques causées par l'huile et les produits chimiques. Il convient également de tenir compte d'autres facteurs liés à l'environnement, tels qu'une forte humidité, le gel, les rayons du soleil, l'activité sismique, etc.

Il est recommandé que la conception minimise la possibilité d'accumulation d'électricité statique. Pour ce faire, les matériaux doivent être clairement spécifiés, notamment en cas d'utilisation de matériaux tels que le plastique renforcé de verre et en cas de mise à la masse.

Il convient que la construction minimise les effets de la corrosion. Il est recommandé d'appliquer des revêtements anticorrosion aux endroits adéquats et il faut veiller à éviter toute corrosion galvanique résultant de l'utilisation de métaux différents, par exemple de l'acier inoxydable en contact direct avec de l'acier doux.

Il convient de minimiser le nombre de passages et de satisfaire aux exigences de structure et de sécurité. Des panneaux de cloison (avec raccords de cloison appropriés) ou des transits (passages dans des murs anti-feu développés pour l'industrie offshore – un dessin figure à l'annexe J) peuvent être utilisés pour les passages de câbles électriques et de tuyauterie. Les transits permettent d'obtenir une disposition plus compacte lorsque l'espace est limité.

Lorsque l'enveloppe sert de support à l'équipement, il est recommandé qu'elle soit suffisamment rigide pour minimiser les vibrations. Il est possible qu'une armature appropriée soit nécessaire lorsque l'équipement est fixé au mur.

Si nécessaire, il convient d'utiliser des fixations anti-vibrations et des raccords de tuyauterie souples pour isoler les analyseurs sensibles des vibrations du réseau de canalisations ou des vibrations de structure.

Unless reference is specific to flammable gas/vapour or combustible dust, the terms of zone 0, 1 and 2 will be used for hazardous area classification reference. In this case the equivalent zone Z and zone Y (zones 20, 21 and 22 using IEC nomenclature) will be implied.

3.4.2 Toxic danger

Ventilation requirements for an analyser housing into which toxic materials are introduced should ensure that the occupational exposure limit (OEL) for those materials is not exceeded under normal or any likely fault condition. Entry into a housing where toxic materials can be present above the OEL should be prohibited without supervision and appropriate means of detection and protection. A warning sign of the possible presence of a highly toxic gas within the housing should be given on doors or case. OEL levels are set nationally and the relevant bodies should be consulted, e.g. HSE in the UK which produces a Guidance Note EH40 on occupational exposure limits.

3.5 Construction and mounting

3.5.1 General

Any preference as to the type of construction, within the variations below, should be specified by the user.

3.5.2 Analyser housing

The following guidelines are applicable to all types of analyser housing:

Materials of construction should be of fire-resisting material and be resistant to attack from oil and chemicals. Other environmental factors such as high humidity, frost, solar radiation, seismic activity, etc., should also be considered.

Construction should minimise possibility of static charge build-up by careful specification of materials, especially when employing materials such as glass reinforced plastic (GRP) and use of earth bonding.

Construction should minimise effects of corrosion. Suitable corrosion protection coatings should be applied where necessary and care should be taken to avoid local galvanic corrosion caused by use of dissimilar metals, e.g. stainless steel in direct contact with mild steel.

Penetrations should be minimised and meet structural and safety requirements. Bulkhead panels (with appropriate bulkhead fittings) or transits (fire wall penetrations developed for the offshore industry – a schematic showing the principle is shown in annex J) can be used for both electrical and piping penetrations. Use of transits can provide a more compact arrangement if space is at a premium.

When used as a support for equipment the enclosure should have sufficient rigidity to minimise vibration. Appropriate reinforcement may be required where equipment is wall mounted.

Where necessary, anti-vibration mountings and flexible pipe connections should be used to isolate vibration-sensitive analysers from pipework or structural vibration.

Il est recommandé d'équiper le site de l'éclairage suffisant pour l'exploitation et la maintenance. L'éclairage et l'éclairage de secours doivent rester opérationnels en permanence et doivent être adaptés au moins à la zone 2 pour les logements situés dans des emplacements dangereux ou dans lesquels des échantillons dangereux sont manipulés.

Il convient d'envisager l'utilisation d'un système de chauffage et de climatisation lorsque des conditions extrêmes de température et/ou d'humidité sont prévisibles. Il est recommandé que les températures de surface des radiateurs n'excèdent pas la température autorisée par la classification d'emplacement dangereux (CEI 60079-10) et que la gaine soit protégée pour éviter tout contact accidentel par le personnel.

Lorsque les conditions ambiantes ou le dégagement de chaleur à l'intérieur du logement de l'analyseur entraînent des températures exceptionnellement élevées, il convient d'envisager le recours à un système de climatisation.

Lorsqu'une forme de surveillance de la température ambiante est envisagée à l'intérieur du logement de l'analyseur, il est recommandé que les matériaux du mur et de la toiture soient adaptés pour minimiser les déperditions de chaleur. Cette clause s'applique également à l'augmentation de température dans le logement de l'analyseur sous l'effet du soleil.

Lorsque des murs creux sont utilisés, un soin particulier doit être apporté pour éviter toute accumulation de produits inflammables dans la cavité.

Lorsque des échantillons liquides sont en cours d'analyse, il convient de prendre les précautions appropriées pour éliminer le liquide répandu et/ou les produits de nettoyage. Il est conseillé de prévoir des évacuations au sol adaptées, avec un sol incliné dirigeant l'écoulement vers l'évacuation.

3.5.3 Bâtiment pour analyseurs (AH)

Les points suivants se rapportent également à un bâtiment pour analyseurs.

En règle générale, les bâtiments pour analyseurs sont construits en briques, en béton, en tôle d'acier ou en plastique renforcé de verre/contreplaqué marine.

Il convient d'installer des portes à ouverture vers l'extérieur, de préférence sans système de verrouillage, mais à fermeture automatique. Toutes les portes doivent être dotées d'une «barre de secours» permettant leur ouverture rapide de l'intérieur, même en présence de verrous. Il est recommandé de positionner les portes de façon à faciliter l'évacuation d'urgence à partir de tout endroit à l'intérieur du bâtiment. Selon la dimension du bâtiment et les issues de secours extérieures, une simple porte peut suffire. Cependant, lorsque cette porte principale et les voies d'évacuation risquent d'être obstruées de l'intérieur ou de l'extérieur, une deuxième porte ou une issue de secours, telle qu'un panneau éjectable, sont nécessaires pour offrir une autre issue, éloignée de la porte principale.

Il convient qu'au moins une porte du bâtiment soit positionnée, dimensionnée et accessible de façon à permettre le retrait de l'équipement intérieur.

En règle générale, les fenêtres se limitent à des hublots de contrôle dans les portes du bâtiment. Il est recommandé que leur ouverture soit impossible. Il est recommandé d'équiper chaque porte d'une fenêtre de sécurité en un matériau adéquat, sauf spécification contraire de l'utilisateur ou des autorités compétentes en matière de sécurité.

La hauteur intérieure non obstruée du bâtiment doit être de 2 m au minimum. Il convient d'éviter les angles morts et les fossés où des gaz risquent de s'accumuler. Il est recommandé que les équipements, tels que les unités de conditionnement d'échantillons, les bouteilles à gaz, les conteneurs d'échantillons d'étalonnage et les points d'échantillonnage du laboratoire soient situés à l'extérieur du bâtiment et comportent une protection suffisante contre les intempéries, sauf spécification contraire de l'utilisateur.

Lighting should be provided to give adequate illumination for operations and maintenance. Lighting or emergency lighting is to remain operational at all times and be suitable, as a minimum, for zone 2 hazardous areas for housings situated in hazardous areas or handling hazardous samples.

Heating and air conditioning should be considered when extreme temperature and/or high-humidity conditions are expected. Heater surface temperature should not exceed the temperature allowed by the area classification (IEC 60079-10) and the sheath should be shielded against accidental contact by personnel.

Where ambient conditions or heat release within the analyser house results in unacceptably high temperatures air conditioning should be considered.

Where any form of environmental temperature control is considered within the housing the wall and roofing materials and construction should be designed to minimise heat loss. This also applies to minimising heat gain within the housing due to solar radiation.

Where cavity walls are used care shall be taken to ensure flammable materials cannot build up within the cavity.

Where liquid samples are being analysed, suitable provision should be made for removal of any spillages and/or cleaning materials. Suitable floor drains with the floor sloping to the drain should be provided.

3.5.3 Analyser house (AH)

Additionally, the following points pertain to an AH:

Construction is typically of brick, concrete, steel sheet or glass reinforced plastic/marine ply sandwich.

Outward-opening doors, preferably non-locking, should be provided and be self-closing. All doors require the fitting of a "panic bar" so that they can be quickly opened from the inside even if locks are used. The doors should be positioned to permit easy escape in an emergency from anywhere inside the AH. A single door may suffice depending on the AH house size and escape route provisions outside the house. However, if this main door and escape routes can be impeded either internally or externally, then a second door or an emergency exit such as a kick-out panel will be required as an alternative escape route remote from the main door.

The position and size of at least one door and the access to it should also be arranged to permit removal of equipment housed.

Any windows are usually restricted to inspection windows in the AH doors and should not be capable of being opened. Safety-type windows of a suitable material should be provided in each door, unless specifically excluded by the user or safety authority.

There should be an unobstructed internal headroom of at least 2 m. Dead corners and trenches that may collect gas should be avoided. Equipment such as sample conditioning units, gas cylinders, calibration sample containers and laboratory sampling points should be located outside the AH with appropriate weather protection, unless otherwise specified by the user.

Il convient que les toits soient inclinés pour éviter toute accumulation d'eau. Il convient d'installer des événements appropriés au point le plus élevé pour éviter la formation de poches de gaz. Il est également recommandé que la conception du toit permette de supporter les charges accrues occasionnées par la neige, les équipements montés sur le toit ou le passage du personnel de maintenance, le cas échéant.

Lorsqu'il est prévu de construire le bâtiment pour analyseurs sur un socle en béton, il convient que ce dernier soit imperméable aux produits manipulés, qu'il soit surélevé de 0,1 m au minimum par rapport au terrain environnant, et incliné de manière à diriger les liquides et les produits de nettoyage vers un point d'évacuation approprié.

Il convient que le sol à l'intérieur du bâtiment pour analyseurs ne soit pas glissant et que tous les revêtements soient résistants aux produits susceptibles d'entrer en contact avec le sol.

3.6 Exigences concernant la ventilation du bâtiment pour analyseurs

3.6.1 Généralités

La ventilation du bâtiment pour analyseurs peut être naturelle ou forcée.

La ventilation naturelle se définit comme la ventilation induite par le vent et/ou les gradients de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. La ventilation naturelle ne nécessite aucun moyen mécanique.

La ventilation forcée se définit comme la ventilation obtenue par des moyens mécaniques, tels que des ventilateurs.

3.6.2 Boîtiers d'analyseurs

Il convient de suivre les exigences d'installation des fabricants relatives aux boîtiers d'analyseurs. En règle générale, la conception n'a pas à tenir compte d'aspects spécifiques liés à la ventilation. Les boîtiers d'analyseurs peuvent être équipés de systèmes de purge pour satisfaire aux exigences des emplacements dangereux. Cependant, pour cette partie dédiée à la ventilation, la purge constitue un autre point décrit en 2.2.1.

3.6.3 Abris à analyseurs

Il est difficile de contrôler la ventilation des abris. Il convient que leur conception cherche principalement à éviter toute accumulation de gaz et de liquides en éliminant toute zone de stagnation à l'intérieur de l'abri. Ce type de conception tient très peu compte des risques liés aux poussières.

3.6.4 Armoires à analyseurs et bâtiments pour analyseurs

Les bâtiments pour analyseurs et les armoires à analyseurs sont des structures à enveloppe nécessitant une ventilation et contenant le(s) analyseur(s) et, le cas échéant, les boîtiers équipés de systèmes de purge. L'intérêt de ces structures est de permettre un certain degré de surveillance de l'environnement des analyseurs et des équipements associés qu'ils contiennent pour le fonctionnement et la maintenance. Par conséquent, et pour des raisons de sécurité, il est nécessaire d'être très vigilant dans la conception de la ventilation.

Dans le cas d'atmosphères chargées en poussières (combustibles ou inertes), il faut envisager un système de filtration de l'air de ventilation. Cet aspect peut avoir des conséquences importantes sur le dimensionnement des ouvertures de ventilation et sur les restrictions éventuelles du débit d'air, notamment dans le cas d'une ventilation naturelle.

Les bâtiments pour analyseurs peuvent être ventilés par des moyens naturels ou forcés. En règle générale, pour des raisons économiques, les armoires à analyseurs sont plutôt équipées de systèmes de ventilation naturelle.

Roofs should be inclined to prevent accumulation of water. Suitable vents should be installed at the highest point to prevent the accumulation of gas pockets. Roof design should also allow for increased loadings due to snow, roof mounted equipment and personnel access as appropriate.

Where the AH is to be mounted on a concrete base, the base should be impervious to the materials being handled, raised at least 0,1 m above the surrounding area and sloped to a suitable point away from the AH for draining of any spillage and cleaning.

The floor inside the AH should be non-slip and any coatings should be resistant to materials likely to come into contact with the floor.

3.6 Analyser housing ventilation requirements

3.6.1 General

Analyser housing ventilation can be achieved by either natural or forced means.

Natural ventilation is defined as ventilation induced by external wind forces and/or thermal gradients between inside the housing and outside. Natural ventilation does not rely on mechanical means.

Forced ventilation is defined as ventilation achieved by mechanical means such as fans.

3.6.2 Analyser cases

In the case of analyser cases, manufacturer's installation requirements should be followed and special design considerations for ventilation are not normally necessary. Analysers may have purged casings to meet hazardous area requirements but, in the context of this ventilation section, purging is a separate issue and described in 2.2.1.

3.6.3 Analyser shelters

Very little control over ventilation can be exercised with shelters and design should concentrate only on prevention of accumulation of gases and liquids by elimination of stagnant areas within the shelter. This type of design does little to prevent hazards that can arise from dust.

3.6.4 Analyser cabinets and analyser houses

AHs and cabinets are enclosed structures which require ventilation in which the analyser(s) plus purged cases as appropriate are contained. The object of these structures is to provide some degree of control over the environment for the analysers and associated equipment housed within them for operational and maintenance reasons. For this and for safety reasons it is necessary to pay special attention to ventilation design.

Where dusty atmospheres (either combustible or inert) are concerned ventilation air filtration needs to be considered. With natural ventilation especially, this will have significant impact on vent louvre sizing and possible restriction of air flows.

AHs can be ventilated by either forced or natural means but for economic reasons analyser cabinets are normally naturally ventilated.

Quel que soit le mode de ventilation utilisé (naturelle ou forcée), il convient que les calculs de conception utilisent comme base un minimum absolu de 5 renouvellements d'air par heure ou le nombre qui convient pour satisfaire les points suivants:

- a) Dilution des vapeurs dégagées suite à la rupture ou au dysfonctionnement du tube d'échantillon ou de la canalisation de fluides toxiques ou corrosifs les plus dangereux, pour atteindre un pourcentage inférieur à la limite basse d'explosivité (valeur LEL) nationale (en règle générale, 20 % de la LEL mais jamais plus de 50 % de la LEL) à proximité de toute source d'inflammation potentielle. Il est nécessaire de porter une attention particulière aux échantillons liquides qui s'évaporent à la température ambiante.
- b) Dilution à un niveau inférieur à la limite d'exposition professionnelle (OEL) de tout gaz/toute vapeur toxiques introduits dans le bâtiment en cas de rupture accidentelle d'un tube d'échantillon ou d'une canalisation de fluides corrosifs ou toxiques dans un bâtiment pour analyseurs ou une armoire.
- c) Dilution de tout dégagement d'asphyxiants en cas de rupture accidentelle d'un tube d'échantillon ou d'une canalisation de fluides corrosifs ou toxiques dans un bâtiment pour analyseurs ou une armoire, afin de garantir que la teneur en oxygène ne tombe pas en dessous de 18 % à 19,5 % en volume à la pression atmosphérique.
- d) Aide au maintien de la température à l'intérieur du bâtiment dans les limites spécifiées par l'utilisateur et/ou dans celles requises pour le fonctionnement fiable des analyseurs.

La conception première de la ventilation se base sur des taux de dilution moyens et sur la circulation d'air dans le bâtiment. Lorsque les niveaux de renouvellement sont bas, les effets de mélange locaux risquent d'être trop faibles, et donc de provoquer une faible dissipation des fuites voire, dans certains cas, de favoriser la formation de zones de stagnation où les gaz risquent de s'accumuler. Il convient d'envisager des mesures supplémentaires, par exemple des systèmes à recirculation, afin d'améliorer les conditions de ventilation. Cependant, il faut remarquer que ces niveaux de recirculation ne font pas partie des exigences de base de la ventilation en matière de dilution globale et de prévention de l'accumulation de gaz dans les bâtiments.

Il convient de confirmer systématiquement les niveaux de débit d'air de ventilation par des tests de fumée qui permettent d'identifier les cas où la distribution de l'air est faible.

3.7 Conception de la ventilation naturelle

3.7.1 Exigences en matière de ventilation

Il convient de concevoir les niveaux de ventilation de manière que tout dégagement dangereux de gaz et de vapeurs dans le bâtiment ou l'armoire puisse se diluer ou se dissiper.

De par sa nature, le mécanisme de ventilation naturelle ne permet pas une surveillance rigoureuse des niveaux de ventilation. Des données statistiques sur les vitesses, les directions et les fréquences du vent à l'emplacement prévu pour le bâtiment sont nécessaires. A partir de ces données et des connaissances sur la dissipation de la chaleur dégagée par les équipements à l'intérieur du bâtiment (à l'exception des radiateurs), il est possible de calculer des zones de ventilation.

Il convient d'avoir recours au mode de ventilation (par le vent ou la chaleur) impliquant les exigences d'emplacement les moins restrictives. Il est recommandé que les calculs de vent utilisent la vitesse du vent moyenne minimale pour 90 % de l'année. Il convient que les calculs fondés sur le vent ou la chaleur utilisent comme base les conditions de conception décrites en 3.6.4.

Il convient de calculer les niveaux de ventilation dus au vent pour les vitesses de vent moyennes maximales à l'aide d'un coefficient de rafale de 1,6. Lorsque les niveaux de ventilation dépassent 50 renouvellements par heure, les paramètres caractéristiques du confort se détériorent.

Whichever mode of ventilation is used (natural or forced) design calculations should use as a basis an absolute minimum of 5 changes per hour or that necessary to achieve the following:

- a) Dilute escaping vapours from the rupture or failure of the most hazardous sample or service line to less than the nationally accepted design percentage LEL (usually 20 % LEL but no circumstances higher than 50 % LEL) around any potential means of ignition. Particular attention must be paid to liquid samples which vaporise at ambient temperatures.
- b) Dilute to below the occupational exposure limit any toxic gases/vapours introduced into the housing by accidental rupture of any one sample or service line within the AH or cabinet.
- c) Dilute any release of asphyxiants by the accidental rupture of any one sample or service line within the AH or cabinet to ensure oxygen levels do not fall below 18 % to 19,5 % by volume at atmospheric pressure.
- d) Assist in maintaining the temperature inside the housing within limits specified by the user and/or those required for reliable operation of the analysers.

The primary ventilation design is based on average dilution rates and passage of air through the housing. At low rates of exchange local mixing effects may be too low resulting in poor dissipation of the leak and in some cases stagnant areas where gas could accumulate. Additional measures in the form of re-circulation systems could be considered to improve matters but it must be noted that these re-circulation rates do not figure in the basic ventilation requirements for overall dilution and prevention of build up of gas within the house.

Ventilation air flow patterns should always be confirmed by smoke tests which will identify any poor air distribution.

3.7 Design for natural ventilation

3.7.1 Ventilation requirements

The ventilation rates should be designed to dilute and dissipate any dangerous release of gases and vapours within the AH or cabinet.

By its very nature, the mechanism of natural ventilation does not give close control over ventilation rates. Statistical data is required on wind speeds, directions and frequencies at the proposed location of the house. From this data and knowledge of heat dissipated within the house from equipment (excluding environmental heaters), ventilation areas can be calculated.

Whichever mode of ventilation (wind induced or thermally induced) gives the smaller area requirements, this should be used. Wind calculations should use the minimum average wind speed exceeded for 90 % of the year. Wind or thermally induced calculations should use as a basis the design conditions outlined in 3.6.4.

Wind induced ventilation rates should also be calculated for maximum average wind speeds using a gusting ratio of 1,6. If resulting ventilation rates exceed 50 changes per hour then comfort factors will deteriorate.

3.7.2 Exigences relatives au chauffage

Selon la procédure de conception ci-dessus, les températures à l'intérieur du bâtiment suivent celles de l'extérieur. Pour améliorer la surveillance de la température, il est possible d'installer un système de chauffage avec un thermostat. Il convient de dimensionner les appareils de chauffage de façon à obtenir une température maximale de l'air en sortie comprise entre 50 °C et 55 °C, le chauffage fonctionnant à plein régime. Il convient que le débit d'air du radiateur n'excède pas l'équivalent de 20 à 30 renouvellements par heure dans le bâtiment.

Avec les niveaux de chaleur indiqués ci-dessus, il se peut que la température soit légèrement inférieure à 20 °C les jours de froid alors que la température nominale du thermostat est de 20 °C. Cette valeur basse peut être estimée en recalculant les niveaux de ventilation dus aux effets thermiques. Néanmoins, une production de chaleur plus élevée n'est pas recommandée, car elle ne serait pas efficace en termes de consommation d'énergie.

Un ventilateur peut être ajouté pour faciliter la répartition de l'air chaud.

Il convient que l'air chaud soit distribué dans la moitié inférieure du bâtiment, le plus près possible des événements inférieurs.

Un exemple concret est présenté à l'annexe D.

3.8 Conception de la ventilation forcée

3.8.1 Exigences en matière de ventilation

Il convient de concevoir les niveaux de ventilation afin de diluer et de dissiper tout dégagement dangereux à l'intérieur du bâtiment.

Il convient de ventiler le bâtiment avec de l'air qui soit à une pression interne et à un débit permettant de maintenir à l'extérieur du bâtiment les gaz inflammables ou toxiques plus lourds ou plus légers que l'air et les poussières. Il convient que l'air entre et quitte le bâtiment par les ports d'entrée et de sortie selon la description donnée en 3.8.4. Il convient que le différentiel de pression minimal soit de 25 Pa (0,25 mbar) dans les conditions d'exploitation. Une pratique courante consiste à utiliser une surpression comprise entre 2 mbar et 5 mbar. En effet, ce niveau satisfait aux exigences de base et offre un bon facteur de sécurité, sans entraîner de gêne pour le personnel ni une contrainte excessive sur la structure du bâtiment.

Il est recommandé que les calculs se basent sur les conditions de conception décrites en 3.6.4.

La méthode de calcul est présentée à l'annexe E.

3.8.2 Système d'arrivée d'air

Il convient que l'arrivée d'air se fasse par une cheminée pourvue d'une protection contre la pluie. Il est recommandé que la source d'air soit issue d'une zone non dangereuse, exempte de gaz corrosifs ou toxiques.

Il est recommandé que la conception de la conduite d'arrivée d'air et le diamètre de la cheminée soient dimensionnés de manière à limiter la vitesse de l'air à 15 m/s au maximum. Il convient que toute conduite allant à l'analyseur et traversant des emplacements dangereux soit étanche aux fuites. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter que les conduites ne traversent des emplacements dangereux de type zone 1.

3.7.2 Heating requirements

With the above design procedure the temperatures in the house will essentially follow that of the ambient outside. To improve temperature control, thermo-statically controlled heating can be included. The heater banks should be sized to give a maximum exit air temperature of between 50 °C and 55 °C with the heater full on. The air flow across the heater should not exceed the equivalent of 20 to 30 changes per hour in the house.

With heating inputs as above it may be found that with a nominal temperature control setting on the thermostat of 20 °C a somewhat lower temperature will be achieved on the coldest days. This low value can be assessed by re-calculating the thermally induced ventilation rates. However, increased heat input is not recommended on the grounds that it would not be energy efficient.

Fan assistance can be included to aid distribution of the warm air.

Warm air should be distributed in the lower half of the house as close to the lower vents as possible.

A worked example is given in annex D.

3.8 Design for forced ventilation

3.8.1 Ventilation requirements

The ventilation rates should be designed to dilute and dissipate any dangerous release within the housing.

The house should be ventilated with air at an internal pressure and flow pattern designed to keep flammable or toxic gases, either lighter or heavier than air and dusts, out of the house. Air should enter and leave the house by entry and exit ports as discussed in 3.8.4. The minimum differential pressure under operating conditions should be 25 Pa (0,25 mbar). It is normal practice to operate at an over pressure of 2 mbar to 5 mbar which meets the primary requirement with a good factor of safety without causing discomfort to personnel and undue stress on the house structure.

Calculations should use as a basis the design conditions outlined in 3.6.4.

The method of calculation is shown in annex E.

3.8.2 Air intake system

The air intake should be via a stack provided with a rain hood. The air source should be from a non-hazardous area where corrosive or toxic gases do not occur.

The design of the intake duct and the diameter of the stack should be sized to limit air velocity to a maximum of 15 m/s. Any ducting to the analyser house which passes through hazardous areas should be leak-tight. Ducting through zone 1 hazardous areas should be avoided where possible.

Dans certains cas, il se peut que la zone sûre la plus proche soit trop éloignée. Dans ce cas, l'air peut être prélevé dans une zone 2. Si tel est le cas, les conditions suivantes s'appliquent:

- a) L'équipement du bâtiment pour analyseurs doit être certifié comme adapté aux emplacements de type zone 1 ou zone 2 au minimum. L'arrivée d'air peut également être surveillée par un ou plusieurs détecteurs de gaz qui arrêtent le débit d'air de ventilation lorsqu'une valeur égale à 20 % de la LEL est dépassée. Il est néanmoins nécessaire d'envisager les conséquences d'un dysfonctionnement de la ventilation et de prévoir l'utilisation d'un système de détection des gaz à l'intérieur du bâtiment (voir 3.9).
- b) Il convient de ne pas pratiquer de maintenance directe, sauf autorisation d'intervention sur le système ou autre procédure de sécurité approuvée.
- c) Il est recommandé que l'équipement de maintenance soit isolé lorsque la ventilation est défaillante ou que des gaz sont détectés.

3.8.3 Exigences en matières de ventilateurs

Il convient de fixer l'équipement de ventilation forcée à l'extérieur du bâtiment et de le protéger de manière adéquate. Il convient que la ventilation soit assurée par un ventilateur centrifuge ou axial. Il est recommandé que les moteurs placés dans la conduite soient conformes à une utilisation en zone 1 dans les bâtiments où sont manipulés des échantillons inflammables. En présence de poussières combustibles, il convient qu'ils soient certifiés pour la zone Z, quel que soit le mode de filtration utilisé.

Il convient d'envisager des systèmes de ventilation redondants afin de minimiser les risques que les équipements non certifiés disjonctent en cas de dysfonctionnement de la ventilation. Pour faciliter la maintenance, il convient que les ventilateurs soient équipés en parallèle de clapets anti-retour et disposent de moyens adéquats d'isolation mécanique. Il est recommandé que les alimentations des moteurs des ventilateurs soient indépendantes les unes des autres.

Il convient d'installer un filtre dans la conduite et que son accès soit facile pour permettre son nettoyage ou son remplacement. Il est recommandé que l'emplacement du filtre soit dimensionné de façon que son nettoyage/remplacement ne soit pas nécessaire plus d'une fois par mois, dans les pires conditions de poussières prévues sur le site.

3.8.4 Exigences en matière de distribution d'air

Il convient que la direction du débit d'air dans le bâtiment permette d'assurer sa circulation dans le bâtiment et autour des équipements installés à l'intérieur, quelles que soient la direction et la force du vent. Il convient que la position et le nombre de ports d'arrivée et d'évacuation de l'air dépendent de la nature des produits dangereux manipulés à l'intérieur du bâtiment (par exemple, densité supérieure, inférieure ou égale à celle de l'air, toxicité et concentration requises pour atteindre les limites LEL, OEL ou le seuil de manque d'oxygène). Il convient que les ports d'évacuation de l'air soient des ouvertures de ventilation ou des volets à bascule. Il est recommandé qu'au moins 50 % des ports d'évacuation puissent fonctionner dans toutes les conditions de vent. Voir l'annexe E pour les calculs de ventilation forcée.

L'utilisation de ventilateurs de recirculation peut faciliter la distribution de l'air et garantir la dissipation rapide de toute fuite. Cela n'est normalement pas nécessaire, mais peut être important, en particulier lorsque des risques de dégagement toxique, tels que les poches de gaz stagnant, peuvent s'avérer très graves dans des zones où du personnel est susceptible de se trouver pendant le fonctionnement normal ou au cours d'interventions de maintenance.

3.8.5 Exigences en matière de chauffage

Il convient que la température à l'intérieur du bâtiment soit surveillée et maintenue à une température nominale de 20 °C. Néanmoins, il est recommandé que les systèmes de chauffage et/ou de refroidissement soient conçus de façon à maintenir les températures dans des limites comprises entre 10 °C et 30 °C dans des conditions extrêmes, en fonction des restrictions de l'équipement et/ou de maintenance.

In some instances distance to the safe area may be excessive and in these cases air may be drawn from a zone 2 area in which case the following will apply:

- a) Analyser house equipment must be certified as suitable for zone 1 areas or zone 2 as a minimum. Alternatively the air inlet may be monitored by means of one or more gas detectors, which discontinue ventilation air flow when a value of 20 % LEL is exceeded; however, due consideration is needed on the consequences of "ventilation failure and the use of gas detection inside the house (see 3.9).
- b) Live maintenance should not be carried out except under a permit to work system or other approved safety procedure.
- c) Maintenance equipment should be isolated in the event of ventilation failure or gas detected.

3.8.3 Fan requirements

The forced ventilation equipment should be mounted outside the building and should be suitably protected. Ventilation should be by means of a centrifugal or axial fan. Motors positioned in the duct should be suitable for zone 1 operation for housings handling flammable samples and if combustible dusts are present, for zone 2 regardless of filtration used.

Dual ventilation fan systems should be considered to minimise trips of non-certified equipment on ventilation failure. To facilitate maintenance, fans should be fitted in parallel with non-return valves and have suitable means of mechanical isolation. Power supplies to the fan motor should be independent of each other.

A filter should be installed in the ducting and should be easily accessible for cleaning or replacement. The area of the filter should be sized to require cleaning/replacement not more frequently than once per month under the worst dust conditions expected on site.

3.8.4 Air distribution requirement

The direction of flow of air within the housing should be such as to ensure a movement throughout the housing and around all equipment installed inside irrespective of wind direction and strength. The position and number of air entry and exit ports should be dependent on the nature of the hazardous materials handled inside the house (e.g. density greater or less than or equal to that of air, toxicity and the concentration necessary to achieve the LEL, OEL or oxygen deficiency). The air exit ports should be louvres or weight-balanced flaps. At least 50 % of the exit ports should be operable under all wind conditions. See annex E for forced ventilation calculations.

Air distribution can be aided by use of re-circulation fans to ensure any leak is well dissipated. This is not normally required but may be of importance especially with toxic hazards as local stagnation pockets could prove fatal if in areas where personnel are likely to be during normal operation or maintenance procedures.

3.8.5 Heating requirement

The temperature inside the AH should be controlled at a nominal 20 °C. However, any heating and/or cooling systems should be designed to maintain temperatures within the limits of 10 °C and 30 °C under extreme conditions dependent on equipment and/or maintenance restraints.

Dans des conditions tropicales, où l'humidité élevée risque de constituer un problème, il convient que la température intérieure soit au minimum supérieure de 5 °C à la température ambiante pour éviter toute condensation de l'humidité sur les murs et sur l'équipement. Lorsque les températures ambiantes élevées ne le permettent pas, il convient d'envisager l'utilisation d'un système de climatisation ou de déshumidification de l'air.

Une attention particulière doit être accordée à la chaleur dégagée par les analyseurs, par les tubes d'échantillon et par le chauffage des canalisations, ainsi que par les rayons du soleil sur les murs et le toit pour le calcul de la température de base à l'intérieur du bâtiment et pour le dimensionnement des radiateurs. Pour des raisons économiques, il est possible de réduire la dimension des radiateurs lorsque le dégagement de chaleur provenant des analyseurs est pris en compte. En revanche, lorsque les analyseurs sont hors tension, il convient que la température ne passe pas en dessous de 5 °C.

Il convient que le chauffage soit assuré par des appareils de chauffage électriques ou à vapeur. Il est recommandé que la température de surface des radiateurs électriques soit inférieure à 200 °C ou à la température de l'emplacement regroupant les gaz/poussières, la température la plus basse devant être sélectionnée, dans toutes les conditions d'exploitation, y compris en cas de panne des ventilateurs. Lorsque l'air de ventilation est aspiré dans une zone 2, il convient que la température normale de surface du radiateur ne dépasse pas la classification de température applicable aux groupes gaz/poussières en zone 2.

Il faut protéger les surfaces exposées dont la température dépasse 60 °C pour éviter que le personnel ne puisse se brûler accidentellement.

3.9 Dispositifs de surveillance de sécurité et alarmes des bâtiments pour analyseurs

3.9.1 Généralités

Les systèmes d'alarme et de surveillance de la sécurité des installations d'analyseurs peuvent être plus ou moins complexes. En effet, il peut s'agir de simples alarmes émises directement par l'analyseur pour indiquer des problèmes de purge, par exemple, ou de systèmes interactifs prélevant les entrées des détecteurs de gaz, des détecteurs d'incendie et des dispositifs de surveillance de la ventilation pour émettre des alarmes, déclencher des coupures automatiques, la libération du produit d'extinction incendie et le blocage de la commande du système de ventilation.

La garantie fondamentale de la sécurité des installations d'analyseurs repose sur la conception de l'équipement en fonction des normes applicables (par exemple, zones 1 et 2). Il convient de prévoir des détecteurs de gaz inflammables, de gaz toxiques et des détecteurs de manque d'oxygène seulement à titre de protection supplémentaire, les têtes des détecteurs étant situées aux points clés à l'intérieur du bâtiment, de l'armoire ou de l'abri. Il convient que les têtes des détecteurs et l'électronique associée soient adaptées à un fonctionnement continu pendant la durée du risque qu'elles ont détecté, par exemple qu'elles soient certifiées pour une utilisation dans un emplacement dangereux de type zone 1 applicable aux produits inflammables.

Pour les manipulations de produits inflammables, il convient que les analyseurs (en particulier les produits critiques pour l'exploitation de l'installation) soient de préférence certifiés pour une utilisation en zone 1. Cela permet de poursuivre l'exploitation en présence d'une alarme de ventilation et/ou de combustible.

Lorsque des analyseurs dûment certifiés pour les zones 1 ou 2 ne sont pas disponibles, il convient d'équiper, si possible, les analyseurs d'un système de purge d'air conçu conformément à l'EN 50016 du CENELEC. Dans le cas contraire, il convient de considérer l'analyseur comme un équipement général. Il convient que chaque analyseur à purge soit doté de son propre système de purge.

Under tropical conditions where high humidity may be a problem the temperature inside should be a minimum of 5 °C above ambient to avoid condensation of moisture on the walls and equipment. If this is not practicable due to high ambient temperatures, consideration should be given to the provision of air conditioning or dehumidifying the air.

Due regard should be paid to heat given off by analysers, sample lines and trace heating as well as solar radiation on the walls and roof when calculating the base temperature inside the building and sizing the heaters. For economic reasons heater sizing can be reduced if heat input from the analysers is taken into account, but with the analysers shut down the temperature should not fall to less than 5 °C.

Heating should be by the installation of electric or steam heaters. Electrical heaters should have a surface temperature below 200 °C, or temperature for the area gas/dust grouping, whichever is the lower, under any condition of operation including fan failure. Where ventilating air is taken from a zone 2 area then the normal operating surface temperature of the heater should not exceed the temperature classification of the gas/dust groups present in the zone 2 area.

Exposed surface temperatures exceeding 60 °C must be guarded to protect personnel from accidental burns.

3.9 Analyser housing safety monitors and alarms

3.9.1 General

Safety monitoring and alarm systems for analyser installations can vary considerably in sophistication from simple alarms direct from the analyser to announce, for example, purge failure to interactive systems taking inputs from gas detectors, fire detectors and ventilation monitors to initiate alarms, automatic shut-downs, extinguishant release and interlocks on ventilation system control.

The primary safeguard for the analyser installations is the design of the equipment to the required standards (e.g. zones 1 and 2). Flammable gas, toxic gas and oxygen deficiency detectors should only be fitted as an additional safeguard, the detecting heads being located at key points within the AH, cabinet or shelter. The detector heads and associated electronics should be suitable for continued operation during the period of hazard they are detecting, e.g. certified for zone 1 hazardous area for flammable materials.

When handling flammable materials, analysers (especially those critical to plant operation) should preferably be certified for use in zone 1 hazardous areas. This allows continued operation when ventilation and/or combustible alarms exist.

If suitably certified zone 1 or zone 2 analysers are not available then they should, if possible, be fitted with an air purge system designed to CENELEC EN 50016. Otherwise the analyser should be considered general purpose equipment. Each purged analyser should have its own individual purge system.

En règle générale, les logiques d'alarme/d'arrêt associées aux bâtiments pour analyseurs sont installées à l'intérieur du bâtiment et il convient qu'elles intègrent tous les indicateurs logiques, les commutateurs d'alarme/d'arrêt actionnés par une touche et les commutateurs de réinitialisation de l'équipement.

Dans les applications où des produits dangereux inflammables sont manipulés, il convient que l'éclairage du bâtiment et les équipements associés au système d'alarme/d'arrêt (y compris tous les initiateurs, les indicateurs d'alarme et de logique) soient certifiés pour une utilisation dans une zone classée par anticipation pour les cas de panne de ventilation ou de détection de gaz (habituellement zone 1), afin de garantir la continuité du fonctionnement pendant la panne de la ventilation et/ou lors de la détection de gaz inflammables.

Il convient d'envisager des alimentations continues sans coupures (UPS) pour tout ou partie des systèmes d'arrêt, suivant le cas.

Les paragraphes 3.9.2 à 3.9.8 ci-après illustrent les aspects nécessaires en matière de sécurité et recommandent l'utilisation des alarmes/arrêts appropriés.

3.9.2 Dysfonctionnement de la ventilation

En règle générale, les mesures relatives au dysfonctionnement de la ventilation sont associées aux bâtiments pour analyseurs équipés d'un système de ventilation forcée.

Il convient d'utiliser un commutateur de faible débit positionné pour détecter de façon univoque tout problème sur le débit d'air arrivant dans le bâtiment. Il est recommandé de veiller à ce que les débits d'air provoqués par des fuites dans les unités de filtration, les voies parallèles de recirculation des ventilateurs, etc., ne soient pas contrôlés. Il convient de régler le commutateur de façon qu'il indique un problème lorsque le débit passe en dessous de 60 % du débit théorique. Il est possible d'utiliser une temporisation de 1 min maximum pour éviter tout fonctionnement défectueux pendant de brèves perturbations.

Il convient que la détection d'un débit faible déclenche des alarmes visuelles et sonores dans le bâtiment ainsi que dans tout endroit sous surveillance du personnel.

Dans des situations présentant un risque d'incendie et en cas d'utilisation d'un équipement non certifié pour une zone 1, il convient que la détection d'un faible débit déclenche les fonctions suivantes de mise hors tension:

- a) isolation immédiate des équipements non certifiés;
- b) isolation immédiate des prises murales;
- c) en l'absence de détection de gaz inflammables, isolation de l'équipement certifié zone 2 après une temporisation optionnelle de 24 h maximum;
- d) dans le cas d'un équipement à purge, il convient qu'un problème de purge coïncidant avec l'isolation de l'équipement de Zone 2, telle que définie au point c) ci-dessus, déclenche l'isolation de l'équipement à purge.

En l'absence de détection de gaz inflammables, il est possible d'envisager l'isolation des analyseurs certifiés zone 1 lorsque la ventilation n'est pas rétablie après une période prédéterminée, par exemple entre 24 h et 72 h au choix.

Lorsque des situations de risque d'incendie sont présentes lors du rétablissement de la ventilation, il convient d'interdire le rétablissement de l'alimentation de l'équipement isolé avant au minimum 10 renouvellements d'air, représentant chacun le volume du bâtiment pour analyseurs. Il convient que le rétablissement de l'alimentation soit déclenché automatiquement par un temporisateur lorsque le renouvellement d'air est terminé. L'activation d'un dispositif local de réinitialisation manuelle est ensuite autorisée pour rétablir l'alimentation.

Any shutdown/alarm logic associated with the AH is usually contained within the AH and should incorporate all logic indicators, key operated alarm/shutdown override switches and equipment reset switches.

For flammable hazard applications, to allow continued operation during ventilation failure and/or flammable gas detection, the analyser housing lighting and equipment associated with any shutdown/alarm system including all initiators, logic and alarm indicators should be certified for use in the anticipated area classification arising from ventilation failure or gas detection condition (usually zone 1).

Uninterrupted power supplies (UPS) should be considered for all, or part of, any shutdown system as appropriate.

As an example, 3.9.2 to 3.9.8 cover the safety considerations required and suggest appropriate alarms/shutdowns that can be provided.

3.9.2 Ventilation failure

Ventilation failure provisions are normally associated with forced ventilated AHs.

A low flow switch positioned to unambiguously detect failure of air flow through the house should be used. Care should be taken to ensure any air flows due to leaks in filtration units, parallel fan re-circulation routes, etc. are not monitored. The switch should be set to indicate flow failure when flow falls below the equivalent of 60 % of design flow. A time delay of up to 1 min may be used to prevent spurious operation during short term disturbances.

Low flow detection should initiate visible and audible alarms in the house and at a manned location elsewhere.

For flammable hazard situations where equipment other than that suitable for zone 1 operation is used, the low flow detection should initiate the following trip functions:

- a) immediately isolate non-certified equipment;
- b) immediately isolate wall sockets;
- c) in the absence of flammable gas detection, isolate zone 2 certified equipment after an optional time delay up to a maximum of 24 h;
- d) for purged equipment, purge failure coincident with zone 2 equipment isolation as defined in c) above should initiate isolation of the purged equipment.

In the absence of flammable gas detection consideration may be given to isolation of zone 1 certified analysers if ventilation is not restored within a pre-determined time period, e.g. 24 h to 72 h selectable.

For flammable hazard situations when restoring ventilation, power should not be permitted to be restored to isolated equipment until at least 10 analyser house volumes of air have been exchanged. This should be automatically controlled via a delay-on timer initiated when ventilation air flow is established. Activation of a local manual reset facility will then be allowed to restore power.

Les exigences relatives à l'arrêt et à la logique type permettant de satisfaire aux exigences de coupure d'alimentation pour les risques d'incendie ci-dessus sont résumées dans les annexes G et H.

En cas de risque de dégagement toxique, il convient que la détection d'un débit faible du système de ventilation du bâtiment déclenche les fonctions suivantes de mise hors tension:

- a) isolation immédiate des échantillons à forte concentration toxique entrant dans le bâtiment;
- b) en l'absence de détection de gaz toxiques, isolation immédiate des échantillons toxiques à faible concentration entrant dans le bâtiment. Le cas échéant, il est possible de compléter la fonction de détection de gaz toxiques par une temporisation, dont la durée est laissée à la discrétion de l'utilisateur;
- c) Arrêts associés aux analyseurs conformément aux points a) et b) ci-dessus.

Lorsqu'à l'intérieur du bâtiment, certains analyseurs sont équipés d'un système supplémentaire d'échappement en boucle ou de hottes d'évacuation conçues pour faciliter la ventilation du bâtiment par extraction sûre des fumées toxiques (en général, analyseurs manipulant des échantillons à fortes concentrations de composants toxiques), il convient de prévoir les fonctions suivantes de mise hors tension, en cas de dysfonctionnement du système d'échappement et en l'absence de détection de gaz toxiques, quel que soit l'état du système de ventilation du bâtiment:

- a) isolation immédiate des échantillons toxiques à fortes concentrations concernés entrant dans le bâtiment. Le cas échéant, il est possible de compléter la fonction de détection des gaz toxiques par une temporisation de 24 h au maximum;
- b) arrêts des analyseurs correspondants conformément au point a) ci-dessus.

Après restauration de la ventilation, il convient d'interdire automatiquement la remise sous tension des analyseurs et l'acheminement des échantillons vers les analyseurs jusqu'à ce que les systèmes de ventilation aient procédé à au moins 10 renouvellements d'air, chacun étant égal au volume du bâtiment. L'activation d'un dispositif local de réinitialisation manuelle est ensuite autorisée pour rétablir l'alimentation.

Il convient que les ventilateurs soient dotés de commutateurs locaux de marche/arrêt.

Il convient qu'une indication visuelle figure à l'intérieur du bâtiment, indiquant la différence de pression entre le bâtiment pour analyseurs et l'atmosphère extérieure.

3.9.3 Détection de gaz inflammables ou de vapeurs

En cas d'utilisation de détecteurs de gaz inflammables, il convient de les étalonner et de les positionner en fonction de la nature du dégagement possible de gaz à l'intérieur du bâtiment, du fait des systèmes analyseurs ou du système de ventilation.

Il est recommandé de se reporter à l'EN 50054 et à l'EN 50057 pour les appareils de détection de gaz combustibles dans la présente application.

Il convient que la détection de gaz déclenche des alarmes visuelles et sonores dans le bâtiment ainsi que dans tout endroit sous surveillance du personnel.

Il convient que la détection de gaz déclenche une alarme visuelle à l'extérieur du bâtiment, en général un phare clignotant très visible ou coloré. La couleur suggérée est le jaune. Le cas échéant, le système de détection de gaz toxiques (voir 3.9.4) sert en général d'alarme combinée de «gaz».

Il convient que les détecteurs de gaz indiquent deux niveaux d'alarme avec les fonctions de mise hors tension suivantes:

A summary of the shut down requirements and typical logic to meet the above trip requirements for flammable hazards is detailed in annexes G and H.

For toxic hazards, low flow detection on the house ventilation system should initiate the following trip functions:

- a) immediately isolate high concentration toxic samples entering the housing;
- b) in the absence of toxic gas detection, immediately isolate low concentration toxic samples entering the housing. If toxic gas detection is provided, this function can be given a time delay at the discretion of the user;
- c) shut down associated analysers in accordance with items a) and b) above.

If, within the housing, some of the analysers are provided with an additional looped exhaust system or with exhaust hoods designed to assist the house ventilation to safely extract toxic fumes (usually associated with analysers handling unavoidably high concentrations of toxic components in the sample) then the following trip functions should be considered for exhaust system failure in the absence of toxic gas detection, regardless of house ventilation status:

- a) immediately isolate the associated high concentration toxic samples entering the housing. If toxic gas detection is provided this function can be given a time delay of up to 24 h;
- b) shut down associated analysers in accordance with item a) above.

Upon restoration of ventilation, the power to the analysers and the re-establishment of samples to the analysers should be automatically prohibited until the vent systems have been purging for at least the equivalent of 10 house air changes. Activation of a local manual reset facility would then be allowed.

Ventilation fans should have local start/stop switches.

A visual indication of the pressure differential between the analyser house and the external atmosphere should be provided within the analyser house.

3.9.3 Flammable gas or vapour detection

If flammable gas detectors are used they should be calibrated and positioned according to the nature of the gases expected to be released within the house either from the analyser systems or via the ventilation system.

Reference should be made to EN 50054 and EN 50057 for instruments for the detection of combustible gases in this application.

Gas detection should initiate visible and audible alarms in the house and at a manned location elsewhere.

Gas detection should initiate a visual alarm on the outside of the house, normally a distinct or uniquely coloured flashing beacon. The suggested colour is yellow. If toxic gas detection (see 3.9.4) is also present this usually serves as a combined "gas" alarm.

Gas detectors should give two levels of alarm with trip functions as follows:

- a) isolation immédiate des équipements non certifiés en cas de détection d'une valeur égale à 20 % de la LEL;
- b) isolation immédiate des prises murales en cas de détection d'une valeur égale à 20 % de la LEL;
- c) isolation immédiate des équipements certifiés zone 2 en cas de détection d'une valeur égale à 60 % de la LEL;
- d) dans le cas d'un équipement à purge, il convient qu'un problème de purge coïncidant avec la détection d'une valeur égale à 60 % de la LEL déclenche l'isolation de l'équipement à purge.

Il convient que l'isolation des analyseurs certifiés zone 1 soit envisagée lorsque aucune action n'a été entreprise en cas de détection de gaz à 60 % de la LEL au bout d'une période prédéterminée, par exemple de 24 h à 72 h au choix.

Il est recommandé que les fonctions ci-dessus de mise hors tension fonctionnent indépendamment des fonctions de mise hors tension liées aux dysfonctionnements de la ventilation.

La détection de gaz inflammables constitue une sécurité supplémentaire et il convient qu'elle ne se substitue pas aux mises hors tension pour panne de ventilation sauf en cas de retrait de l'équipement à purge et de l'exigence optionnelle d'une temporisation après mise hors tension en zone 2.

Lorsque l'équipement de détection de gaz indique la fin des conditions dangereuses (passage en dessous de 20 % de la LEL), il convient de ne pas rétablir l'alimentation de l'équipement isolé jusqu'à ce qu'un volume d'air égal à au moins 10 fois le volume du bâtiment ait été échangé. Il convient que le rétablissement de l'alimentation soit déclenché automatiquement par un temporisateur lorsque le débit est établi/confirmé et que la valeur LEL est de nouveau inférieure à 20 %. L'activation d'un dispositif local de réinitialisation manuelle est ensuite autorisée pour rétablir l'alimentation.

Les exigences d'arrêt et un exemple de logique type permettant de satisfaire aux exigences de coupure d'alimentation ci-dessus sont données dans les annexes G et H.

3.9.4 Détection de gaz toxiques

En cas de manipulation de gaz toxiques à l'intérieur du bâtiment, il convient de prévoir un système de détection approprié.

Il est recommandé de positionner les détecteurs de gaz toxiques en fonction de la nature des dégagements de composants toxiques prévisibles. Il convient que le choix de l'emplacement tienne également compte de la source de dégagement que peuvent représenter les analyseurs ou le système de ventilation.

Il convient que la détection de gaz toxiques dépassant les limites d'alarme prédéterminées ci-dessus déclenche une alarme visuelle et sonore dans le bâtiment ainsi que dans un endroit sous surveillance du personnel.

Il convient que la détection de gaz inflammables déclenche une alarme visuelle à l'extérieur du bâtiment, normalement un phare clignotant très visible ou d'une seule couleur. La couleur suggérée est le rouge. Le cas échéant, le système de détection de gaz inflammables (voir 3.9.3) sert en général d'alarme combinée de «gaz».

Il convient que la détection de gaz toxiques déclenche les fonctions suivantes de mise hors tension:

- a) isolation immédiate de tous les échantillons toxiques entrant dans le bâtiment;
- b) arrêt des analyseurs concernés.

- a) immediately isolate non-certified equipment on 20 % LEL detection;
- b) immediately isolate wall sockets on 20 % LEL detection;
- c) immediately isolate zone 2 certified equipment on 60 % LEL detection;
- d) for purged equipment, purge failure coincident with 60 % LEL detection should initiate isolation of the purged equipment.

Consideration may be given to isolating zone 1 certified analysers if 60 % LEL gas detection is not acted upon within a pre-determined time period, e.g. 24 h to 72 h selectable.

The above trip functions should operate independently of ventilation failure trip functions.

Flammable gas detection is an added safeguard and should not substitute for ventilation failure trips other than allowing for the optional requirement for the time delay on tripping zone 2 and purged equipment to be removed.

On removal of the hazardous conditions as indicated by the gas detection equipment (below 20 % LEL), power should not be restored to isolated equipment until at least 10 analyser house volumes of air have been exchanged. This should be automatically controlled via a delay-on timer initiated when flow is established/confirmed and the LEL falls below 20 %. Activation of a local manual reset facility would then be allowed to restore power.

A summary of the shutdown requirements and a typical logic example to meet the above trip requirements is detailed in annexes G and H.

3.9.4 Toxic gas detection

If toxic gas is handled inside the house, toxic gas detection should be provided.

Toxic gas detectors should be positioned according to the nature of the expected release containing the toxic component. Siting should also take into account the source, which may be from the analysers or via the ventilation system.

Detection of toxic gas above pre-set alarm limits should initiate a visual and audible alarm in the house and at a manned location elsewhere.

Toxic gas detection should initiate a visual alarm on the outside of the house, normally a distinct or uniquely coloured flashing beacon. The suggested colour is yellow. If flammable gas detection (see 3.9.3) is also present this usually serves as a combined "gas" alarm.

Toxic gas detection should initiate the following trip functions:

- a) immediate isolation of all toxic samples entering the housing;
- b) shut down associated analysers.

Il convient que les fonctions suivantes de mise hors tension soient indépendantes du système de ventilation du bâtiment et/ou des dysfonctionnements du système d'aspiration des gaz toxiques rejetés.

La détection de gaz toxiques doit être considérée comme une sécurité supplémentaire et ne doit pas se substituer aux coupures de ventilation autres que celles permettant la poursuite limitée du fonctionnement (24 h maximum) des analyseurs manipulant de fortes concentrations toxiques en cas de dysfonctionnement des systèmes d'aspiration des rejets ni à celles permettant la continuité de fonctionnement des analyseurs manipulant des échantillons dilués, en cas de panne de la ventilation du bâtiment principal.

Il est possible de prévoir une ventilation de secours afin d'accroître les taux de dilution en cas de détection de gaz toxiques. Le cas échéant, les fonctions de mise hors tension sont suscitées en fonction de la baisse ou non de la concentration de gaz. Cependant, cela ne doit pas retarder le déclenchement des alarmes ni les mesures de recherche et de correction des conditions à l'origine de la détection initiale des gaz.

3.9.5 Détection de manque d'oxygène

Il convient de prévoir un système de détection du manque d'oxygène, par exemple dans les cas de fort dégagement d'azote ou de dioxyde de carbone utilisé pour purger le boîtier de l'analyseur, en cas de dégagement de gaz porteurs, de produits d'extinction incendie, etc.

Il est recommandé que la détection d'un niveau d'oxygène inférieur aux limites prédéterminées (en principe entre 18 % et 19,5 % en volume, dans des conditions normales) déclenche une alarme visuelle et sonore dans le bâtiment ainsi que dans tout endroit sous surveillance du personnel.

Il convient que la détection de manque d'oxygène déclenche une alarme visuelle à l'extérieur du bâtiment, normalement un phare clignotant très visible ou d'une seule couleur, différent de celui correspondant aux alarmes de dégagement toxique/d'incendie. La couleur suggérée est le bleu.

3.9.6 Détection d'incendie et protection anti-incendie

Il est recommandé de prévoir des points d'appel manuels à l'extérieur du bâtiment, à proximité des portes.

Il convient que la détection d'incendie revête la forme de détecteurs de fumées, de flammes ou de chaleur.

Il est recommandé de prévoir un dispositif de lutte anti-incendie à déclenchement automatique ou manuel suite à la détection d'un incendie. Il faut noter que, pour des raisons environnementales; les hydrocarbures halogénés, tel que le halon 1301, ne peuvent pas être utilisés (Protocole de Montréal). Par ailleurs, l'utilisation de dioxyde de carbone, aujourd'hui autorisée, peut constituer à elle seule une source de danger.

Lorsqu'un déclenchement automatique est nécessaire, il convient que l'activation soit commandée par les détecteurs d'incendie, mais un système de déclenchement manuel autonome doit exister. Pour le déclenchement automatique, il est recommandé d'utiliser des systèmes de décision, afin d'éviter la libération inopinée du produit d'extinction incendie.

Il est recommandé que la détection d'incendie déclenche une alarme visuelle et sonore dans le bâtiment ainsi que dans tout endroit sous surveillance du personnel.

Il convient que la détection d'incendie déclenche une alarme visuelle à l'extérieur du bâtiment, normalement un phare clignotant très visible ou d'une seule couleur. La couleur suggérée est le rouge.

The above trip functions should operate independently of any house ventilation and/or toxic exhaust extraction system failures.

Toxic gas detection is to be considered an added safeguard and should not substitute for ventilation trips other than allowing either limited continued operation (24 h maximum) of analysers handling high toxic concentrations on failure of associated exhaust extraction systems, or continued operation of analysers handling diluted samples upon main house ventilation failure.

Consideration can be given to providing back-up ventilation to increase dilution rates in the event of a toxic gas detection. If this is provided then the trip functions above will depend on whether the gas concentration is reduced or not. However this should not delay alarms and any actions to investigate and correct for the original hazard detection.

3.9.5 Oxygen deficiency detection

If there is potential for oxygen deficiency, e.g. large release of nitrogen or carbon dioxide which could be used for analyser case purging, carrier gases, fire extinguishant etc., oxygen deficiency detection should be provided.

Detection of low oxygen below pre-set limits (normally between 18 % and 19,5 % by volume at standard conditions) should initiate a visual and audible alarm in the house and at a manned location elsewhere.

Oxygen deficiency should initiate a visual alarm, normally a distinct or uniquely coloured flashing beacon, on the outside of the house which should be separate from the flammable/toxic alarms. The suggested colour is blue.

3.9.6 Fire detection and protection

Manual call points should be provided on the outside of the house next to the doors.

Fire detection may be provided in the form of smoke, flame or heat detectors.

Fire suppression may be provided which may be automatically or manually initiated on detection of fire. Note that halogenated hydrocarbons such as halon 1301 cannot be used for environmental reasons (Montreal Protocol) and the present viable alternative of carbon dioxide can in itself provide a source of hazard.

Where automatic release is required initiation should be controlled by the fire detectors, but an independent manual release facility must be provided. For automatic release, voting systems are preferred to prevent spurious operation of extinguishant.

Fire detection should initiate a visual and audible alarm in the house and at a manned location elsewhere.

Fire detection should initiate a visual alarm on the outside of the house, normally a distinct or uniquely coloured flashing beacon. The suggested colour is red.

En cas de détection d'incendie, il convient de prévoir l'isolation automatique:

- a) des canalisations entrant dans le bâtiment et contenant des produits inflammables;
- b) des ventilateurs;
- c) de toutes les alimentations électriques du bâtiment.

Lorsque des systèmes de lutte anti-incendie sont installés, il est nécessaire de couper l'air de ventilation, d'isoler automatiquement toutes les ouvertures et sorties de ventilation et de munir les bâtiments pour analyseurs de portes équipées d'un système de fermeture automatique.

Il convient que l'état du système de lutte anti-incendie figure au-dessus de la porte du bâtiment. Il est recommandé que l'exigence minimale soit d'indiquer lorsque les réserves de produit d'extinction sont vides. Les couleurs suggérées sont, par exemple: bleu – verrouillé, vert – manuel, orange – automatique, rouge – vide. A part le rouge indiquant que les réserves de produit sont vides, l'indication des autres états est optionnelle et dépend du niveau prévu d'information du personnel.

Il est recommandé de se référer aux normes internationales ou nationales pour plus de renseignements sur la conception des systèmes de détection d'incendie et de lutte anti-incendie, par exemple aux BS 3116, BS 5306, BS 5445, BS 5446, et BS 5839 au Royaume-Uni.

3.9.7 Equipement à purge

Il est nécessaire de purger les équipements non certifiés ne comportant pas de source interne de dégagement de produit inflammable dans les emplacements dangereux. Lorsque le bâtiment pour analyseurs est conçu pour une zone 2, la mise hors tension de l'équipement en cas de dysfonctionnement du système de purge est nécessaire uniquement pour les mises hors tension dues à des dysfonctionnements de la ventilation et/ou à la détection de gaz inflammables, comme décrit en 3.9.2 et 3.9.3.

La purge de l'équipement présentant une source interne de dégagement de produit inflammable a pour fonction supplémentaire d'empêcher la formation d'une atmosphère inflammable suite à une fuite interne dans l'équipement. Pour ce faire, les gaz sont dilués ou rendus inertes.

Les fonctions de mise hors tension en cas de dysfonctionnement du système de purge sont déterminées par le type d'équipements présents dans l'enveloppe de l'analyseur (voir la CEI 60079-14 traitant de la pressurisation), et s'ajoutent à celles associées aux problèmes de ventilation et/ou de détection de gaz inflammables, comme décrit en 3.9.2 et 3.9.3.

Il convient que tous les équipements à purge soient certifiés Ex «p».

Il est recommandé que tout dysfonctionnement du système de purge déclenche des alarmes visuelles et sonores.

3.9.8 Alarmes

Il convient que les alarmes/indicateurs locaux suivants relatifs au bâtiment pour analyseurs soient générés et affichés:

- a) faible débit de la ventilation*;
- b) présence de combustibles (> 20 % de la LEL)*;
- c) le ventilateur 1 ne fonctionne pas;

* Il est recommandé que les alarmes soient également transmises à un poste de commande faisant l'objet d'une surveillance permanente, en tant qu'alarme individuelle ou commune.

In the event of fire detection, consideration should be given to automatically initiate the isolation of:

- a) any pipework entering the house that contains flammable materials;
- b) ventilation fans;
- c) all electrical supplies to the house.

Where fire suppression systems are fitted it is necessary that ventilation air is shut off, all ventilation inlet and outlet louvres are automatically isolated and analyser house doors are of the self-closing type.

Extinguishant system status should be indicated over the house door. The minimum requirement should be for indication of the discharged status. Suggested colours are, e.g. blue – locked off, green – manual, amber – automatic, red – discharged. States other than red for discharged are optional depending on degree to which the personnel are to be informed.

Reference should be made to International or National Standards for further information on the design of fire detection and protection systems, e.g. BS 3116, BS 5306, BS 5445, BS 5446 and BS 5839 in the UK.

3.9.7 Purged equipment

Purging of non-certified equipment with no internal source of release of flammable material is necessary for hazardous areas. If the analyser house is designated zone 2, tripping of equipment on purge failure is not required other than trips associated with ventilation failure and/or flammable gas detection as, described in 3.9.2 and 3.9.3.

Purging of equipment with an internal source of release of flammable material has the added function of preventing a build-up from an internal leak of a flammable atmosphere within the equipment by dilution or inerting.

Purge failure trip functions are determined by the type of equipment in the analyser enclosure (reference being made to IEC 60079-14, section dealing with pressurisation), these being in addition to those associated with ventilation failure and/or flammable gas detection as described in 3.9.2 and 3.9.3.

All purged equipment should be certified Ex "p".

Purge failure in any circumstances should initiate visible and audible alarms.

3.9.8 Alarms

The following analyser house related local alarms/indicators should be generated and displayed:

- a) ventilation flow low*;
- b) combustibles present (>20 % LEL)*;
- c) fan 1 not in operation;

* These alarms should also be transmitted to a permanently manned control room, either individually or as a common alarm.

- d) le ventilateur 2 ne fonctionne pas;
- e) dysfonctionnement du système d'échappement – si applicable;
- f) alarme commune en cas de dysfonctionnement du système de purge d'air d'un des analyseurs*;
- g) présence de gaz toxiques (< OEL à long terme) – si applicable*;
- h) manque d'oxygène – si applicable*;
- i) détection d'incendie – si applicable*;
- j) libération de produit d'extinction incendie – si applicable*;
- k) fonctionnement du temporisateur;
- l) 10 renouvellements d'air (minimum) après restauration des conditions normales;
- m) fonctionnement de la dérivation commune d'arrêt/d'alarme*.

4 Systèmes d'échantillonnage

4.1 Introduction

Lorsque le capteur de l'analyseur n'est pas installé directement dans la canalisation, un système d'échantillonnage est nécessaire.

Le système d'échantillonnage a pour objectif de garantir que l'analyseur reçoit un échantillon représentatif du fluide de processus dans un délai minimal et dans des conditions (température, pression, propreté, débit) permettant le bon fonctionnement de l'appareil. Ce système doit comporter tous les composants nécessaires à un fonctionnement correct et sûr. Il convient d'y inclure, si nécessaire, des sondes, vannes, filtres, refroidisseurs, manomètres, soupapes de surpression, coalesceurs, tuyaux, pompes ainsi que tout autre équipement nécessaire.

Dans la conception des systèmes d'échantillonnage, il convient de chercher à minimiser les gaspillages de produit/matériau à l'aide de systèmes à recirculation rapide et de techniques de récupération de l'échantillon.

La CEI 61115 prévoit les essais de vérification de la conception des systèmes d'échantillonnage. Cette dernière spécifie les essais qu'il convient de réaliser afin de déterminer la qualité de fonctionnement du système de manipulation des échantillons.

4.2 Définitions

4.2.1

temps de réponse de l'analyseur

- a) Pour les analyseurs en continu, durée nécessaire pour atteindre 95 % d'une variation indiciaire à l'entrée de l'appareil, c'est-à-dire 3 constantes de temps.
- b) Pour les analyseurs cycliques, durée nécessaire à l'accomplissement de chaque cycle.

4.2.2

délai d'analyse

somme du «délai du système d'échantillonnage» et du «temps de réponse de l'analyseur», c'est-à-dire durée entre le prélèvement de l'échantillon en cours de processus et le résultat de l'analyse

* Il est recommandé que les alarmes soient également transmises à un poste de commande faisant l'objet d'une surveillance permanente, en tant qu'alarme individuelle ou commune.

- d) fan 2 not in operation;
- e) exhaust system failure – if applicable;
- f) common alarm for failure of any individual analyser air purge system failure*;
- g) toxic gas present (< long term OEL) – if applicable*;
- h) oxygen deficiency – if applicable*;
- i) fire detected – if applicable*;
- j) extinguishant released – if applicable*;
- k) time delay timer in operation;
- l) 10 air changes (minimum) completed after restoration of normal conditions;
- m) common shutdown/alarm bypass in operation*.

4 Sampling systems

4.1 Introduction

Where an analyser is not installed with its sensing element directly in line it requires a sampling system.

The purpose of the sampling system is to ensure that the analyser receives a sample representative of the process stream with the minimum of delay in a state (temperature, pressure, cleanliness, flow-rate) such that the analyser may satisfactorily operate. The sampling system shall include all components necessary for proper and safe operation. Probes, valves, filters, coolers, pressure regulators, pressure relief valves, coalescers, piping, pumps and all other necessary equipment should be included as required.

Sampling systems should be designed to minimise product/ material waste through the use of fast-circulating systems and sample recovery techniques.

Sample system design verification testing is covered in IEC 61115. This covers specification of tests which should be carried out to determine the functional performance of the sample handling system.

4.2 Definitions

4.2.1

analyser response time

- a) For continuous analysers, the time taken to reach 95 % of a step change at the analyser inlet, i.e. 3 time constants.
- b) For cyclic analysers the time taken to complete each cycle.

4.2.2

analysis time lag

sum of the "sampling system lag" and the "analyser response time", i.e. the time between withdrawal of sample from the process and the analysis result

* These alarms should also be transmitted to a permanently manned control room, either individually or as a common alarm.

4.2.3

filtre de dérivation

filtre dans lequel seul le fluide prélevé par l'analyseur traverse le milieu filtrant. La boucle rapide traverse le corps du filtre et peut décaper la cartouche de filtre, produisant ainsi un effet autonettoyant

4.2.4

système de dérivation des échantillons

système de circulation de l'échantillon depuis le processus jusqu'à un événement ou un système de récupération

4.2.5

boucle à recirculation rapide

système de circulation de l'échantillon entre le processus et le processus, dans lequel l'échantillon est généralement prélevé par l'intermédiaire d'un filtre de dérivation dans la boucle

4.2.6

système multiflux

système composé d'un analyseur pour deux flux d'échantillons ou plus

4.2.7

délai global

somme des «délais d'analyse» et du «délai de processus»

4.2.8

sonde

dispositif introduit dans la canalisation afin de prélever un échantillon qui sera soumis à l'analyseur

4.2.9

délai de processus

délai s'écoulant entre la commande et la modification en résultant, au niveau du point d'échantillonnage de l'analyseur de processus

4.2.10

point d'échantillonnage

endroit où un échantillon est prélevé dans le fluide source

4.2.11

délai du système d'échantillonnage

délai entre le prélèvement de l'échantillon pendant le processus et sa transmission à l'analyseur

4.3 Exigences générales

Il convient que le délai global du système analyseur, qui comprend le délai de processus, le délai du système d'échantillonnage et le temps de réponse de l'analyseur, soit cohérent avec les exigences relatives à la commande et au mesurage d'un processus donné.

Les délais du système d'échantillonnage peuvent être maintenus dans des limites acceptables si l'on positionne l'analyseur à proximité du point de prélèvement de l'échantillon, ou si l'on augmente la vitesse de déplacement de l'échantillon (par exemple, boucle à recirculation rapide ou boucle de dérivation vers un événement, un système de récupération ou tout autre point d'évacuation).

Il est recommandé d'installer les systèmes d'échantillonnage et leurs composants de manière à ce que leur maintenance puisse s'effectuer rapidement.

4.2.3**by-pass filter**

filter in which only the analyser offtake passes through the filter medium. The fast loop passes through the filter housing and may scour the filter element giving a self cleaning effect

4.2.4**by-pass system**

sample circulating system from the process to a vent or drain

4.2.5**fast-circulating loop**

sample circulating system from the process to the process, with sample usually removed via a by-pass filter within the loop

4.2.6**multi-stream systems**

system comprising one analyser shared between two or more sample streams

4.2.7**overall time lag**

sum of "analysis time lags" and "process lag"

4.2.8**probe**

device inserted into the line for extracting a sample for use with an analyser

4.2.9**process lag**

time between control action and the resulting change at the process analyser sample point

4.2.10**sample point**

position from which a sample is taken from the source fluid

4.2.11**sampling system lag**

time between withdrawal of sample from the process and its delivery to the analyser.

4.3 General requirements

The overall time lag of the analyser system, which includes process lag, sampling system lag and analyser response time, should be consistent with the measurement and control requirements of the particular process.

Sampling system lags may be kept to acceptable limits by locating the analyser close to the sample take-off point, or by increasing the velocity of the sample (e.g. fast circulation loop or by-pass to vent, drain or alternative disposal point).

Sampling systems and their components should be installed in such a manner that they can be readily maintained.

Il est souhaitable que les propriétés physiques et chimiques à mesurer ne puissent pas se modifier dans le système d'échantillonnage, sauf si l'analyse le nécessite.

Il convient que les systèmes d'échantillonnage soient conçus de façon à empêcher toute contamination ou dommage de l'analyseur en cas de perturbation de l'installation. Dans l'impossibilité de telles mesures, il convient néanmoins de prévoir une alarme de protection et des dispositifs d'arrêt.

Il est recommandé de prévoir des dispositifs d'étalonnage et/ou un échantillonnage de vérification par un laboratoire (voir 4.12).

4.4 Emplacement du point d'échantillonnage

Afin de sélectionner dûment l'emplacement du point d'échantillonnage dans la chaîne de production principale de l'analyseur, il convient de prendre en compte les points ci-après. Il se peut que le choix du meilleur emplacement possible résulte en un compromis entre les différents points suivants:

- a) il convient que le point d'échantillonnage soit situé en un endroit du processus où l'échantillon doit *a priori* donner les informations les plus précises sur les propriétés ou sur la composition du fluide de processus;
- b) il convient que le point d'échantillonnage soit situé en un endroit du processus bien adapté pour la commande de processus et permettant d'éviter des délais trop longs;
- c) il convient que le point d'échantillonnage soit situé en un endroit du processus permettant l'utilisation des différentiels de pression pour les boucles à recirculation rapide (voir 4.5);
- d) il convient de sélectionner l'emplacement de manière que la température, la pression, la sécheresse ou les autres conditions soient les plus proches possible de celles requises par l'analyseur. De la sorte, il est possible de limiter le recours à des composants supplémentaires dans le système d'échantillonnage, tels que des refroidisseurs pour échantillons, des régulateurs de pression, des soupapes de sûreté, etc;
- e) il convient que les points de prélèvement de l'échantillon soient facilement accessibles depuis des plates-formes au niveau de référence ou des plates-formes fixes;
- f) il convient de maintenir séparés l'analyseur et les points de prélèvement de l'échantillon de processus du laboratoire (voir 4.12, alinéa 5).

Il convient de veiller à éviter de procéder à l'échantillonnage dans des endroits où il existe un risque de contamination ou encore de formation de poches de gaz/de vapeur/de liquides chargés en hydrocarbures/de poussières dans le fluide de processus.

Lorsque le prélèvement s'effectue sur des canalisations horizontales, il convient de prélever les échantillons de gaz sur la partie supérieure et les échantillons liquides sur le côté desdites canalisations. Lorsque le prélèvement s'effectue sur des canalisations verticales, il convient de prélever les échantillons liquides uniquement si l'écoulement se fait vers le haut.

Lorsqu'il est nécessaire de prélever un échantillon représentatif dans des canalisations contenant des mélanges à deux phases (par exemple, phase liquide et phase vapeur de la substance) ou des mélanges de fluides non miscibles (par exemple, huile dans de l'eau et inversement), il convient de s'assurer que le mélange et l'homogénéité sont appropriés.

Il convient de prélever les échantillons avec des sondes enfoncées dans la canalisation de processus et dépassant de la paroi, de manière à éviter toute influence de cette dernière. Un exemple de sonde appropriée est présenté à l'annexe A. Des sondes spéciales peuvent être nécessaires pour prélever des échantillons depuis un emplacement spécifique du processus.

Dans la conception des sondes de mesure, il convient de prendre les mesures nécessaires pour empêcher toute défaillance due aux effets de résonance. L'annexe B présente les calculs nécessaires.

The physical or chemical properties which are to be measured should not be changed in the sampling system unless specifically required for by the analysis.

Sampling systems should be designed so that possible contamination of or damage to the analyser is prevented under plant upset conditions. Where, however, this is not possible, protective alarm and shutdown facilities should be provided.

Facilities for calibration and/or laboratory check sampling should be provided (see 4.12).

4.4 Sample point location

The following should be observed in the selection of the correct location of a sample point on the main process line for the analyser. The optimum position may involve a compromise between several of the points below:

- a) the sample point should be located at a point in the process where the sample is expected to give the most accurate information on the properties or composition of the process stream;
- b) the sample point should be located at a point in the process where it is most appropriate for process control avoiding unnecessary time lags;
- c) the sample point should be located in a position to utilise process differential pressures for any fast circulating loops (see 4.5);
- d) the location should be chosen so that temperature, pressure, dryness or other conditions are already as close as possible to those required for the analyser in order to minimise the use of additional sampling system components such as sample coolers, pressure regulators, relief valves, etc.;
- e) the sample take-off points should be readily accessible from grade or permanent platforms;
- f) analyser and laboratory process sample take-off points should be kept separate (see 4.12, paragraph 5).

Particular care should be taken to avoid sampling where there is a possibility of contamination, or where pockets of gas/vapour/liquid hydrocarbon water/dirt may accumulate in the plant stream.

Where samples are taken from horizontal lines, gas samples should be taken from the top and liquid samples from the side. Where samples are taken from vertical lines, liquid samples should only be taken when the flow is upwards.

When a representative sample is required from lines containing two-phase mixtures (e.g. liquid and vapour phases of material) or mixtures of immiscible fluids (e.g. oil in water or water in oil) care should be taken to ensure there is adequate mixing and homogeneity.

Samples should be withdrawn by probes, protruding into the process line to avoid wall effects. An example of such a probe is shown in annex A. Special probes may be necessary to take a sample from a specific location within the process.

Design of sample probes should ensure failure cannot occur due to resonance effects. Annex B covers the necessary calculations.

S'agissant des échantillons à prélever dans la phase liquide, il faut qu'en tout point du système d'échantillonnage la pression soit toujours supérieure à celle de la pression de vapeur de l'échantillon, de façon à éviter la formation de bulles.

En cas de réduction de la pression des échantillons liquides chauds, il convient de tenir compte de la nécessité d'empêcher la cavitation ou la formation de bulles à l'intérieur du détendeur, par exemple en plaçant des refroidisseurs en amont du détendeur.

Lorsqu'il faut réduire la pression des échantillons, en particulier des gaz, il convient de tenir compte de l'effet de Joule Thomson qui peut provoquer des problèmes de refroidissement ou de givrage. Ainsi, dans le cas d'analyses d'humidité, l'échantillon risquerait de se dégrader. Il est possible de préchauffer l'échantillon et/ou de chauffer le corps du détendeur.

Les sondes de mesure peuvent être conçues de façon à minimiser les délais. Dans ce cadre, il est important de maintenir le volume de liquide au minimum lorsque les échantillons liquides doivent être vaporisés.

4.5 Systèmes à recirculation rapide

Il convient d'utiliser des boucles à recirculation rapide pour réduire les délais du système d'échantillonnage et limiter au maximum le gaspillage des produits.

L'annexe C permet de déterminer la vitesse de déplacement de l'échantillon et les délais à partir des données relatives à la longueur de la canalisation, à la viscosité, et à la baisse de pression ou de corriger le dimensionnement de la canalisation afin de respecter les contraintes de délai d'échantillonnage pour les baisses de pression disponibles.

Lorsque cela est possible, il est souhaitable que les boucles à recirculation rapide utilisent les différentiels de pression du processus, par exemple sur les pompes de processus dont l'aspiration est en aval de l'évacuation de la pompe et la réinjection en amont de l'aspiration de la pompe.

En revanche, il convient d'éviter de placer des boucles à recirculation rapide au niveau des sources de différentiels de pression suivantes:

- a) vannes de régulation. Ces dernières créent souvent un différentiel de pression variable et la fonction de régulation peut s'en trouver affectée;
- b) ouvertures d'étranglement. Ces dernières créent normalement un différentiel de pression assez faible pour une déperdition d'énergie élevée.

Il est recommandé de ne pas disposer de boucles rapides sur un diaphragme de débitmètre, car cela nuirait à la précision des mesures.

Lorsque les points de prélèvement et de réinjection sont très distants, il convient de veiller à ne pas contourner des mesures du débit ou des robinets d'arrêt d'urgence.

Il convient que le flux d'échantillon en provenance de la boucle rapide, injecté dans l'analyseur, soit correctement filtré par un filtre de dérivation autonettoyant.

Il est recommandé d'éviter de placer des pompes spéciales dans les boucles à recirculation rapide; en effet, les exigences de maintenance inhérentes sont très lourdes. Cependant, si une telle installation est inévitable, il convient que la pompe et son filtre ne dégradent pas l'échantillon; ainsi, les pompes produisant des taux de cisaillement élevés (centrifuges) ne conviennent pas aux échantillons non newtoniens (mazout). Il convient également que ces pompes ne perturbent pas l'analyse ni le fonctionnement de l'analyseur. Ainsi, une pompe à vide prélevant l'échantillon par l'intermédiaire d'un analyseur à oxygène gêne l'étalonnage, sauf si une compensation de pression est mise en place.

Il convient de prévoir des dispositifs d'indication et de régulation du débit dans la boucle.

For samples taken and required in the liquid phase the pressure in any part of the sampling system must always be higher than the vapour pressure of the sample to prevent flashing.

When reducing the pressure of hot liquid samples the need to prevent cavitation or flashing across the pressure reducing device should be noted, e.g. placing of coolers upstream of the pressure reducer.

When reducing the pressure of samples, particularly gas, consideration should be given to any Joule Thomson effects leading to cooling and icing problems, e.g. for moisture analysis this could lead to degradation of the sample. Sample pre-heating and/or reducer body heating may be used.

Sample probes can be designed to minimise time lags. It is especially important to keep the liquid volume to a minimum where liquid samples are to be vaporised to reduce such lags.

4.5 Fast circulating systems

Fast circulating loops should be used to reduce sampling system time lags with the minimum of product waste.

Annex C enables either sample velocities and time lags to be determined from a knowledge of line size, viscosity and pressure drop or correct line sizing to meet sample lag constraints for available pressure drops.

Where possible fast circulating loops should take advantage of pressure differentials across the process, e.g. across process pumps drawing from downstream of the pump discharge and returning upstream of the pump suction.

Fast circulating loops across the following sources of differential pressure should be avoided:

- a) control valves. These usually create a variable differential pressure and moreover the control function may be adversely affected;
- b) restriction orifices. These normally create a relatively low differential pressure at high energy loss.

Fast loops should not be installed across orifice plates used for flow measurements, as it will affect the accuracy of measurement.

When take-off and return points are widely separated, particular care should be taken to ensure no flow measurements or emergency isolation valves are by-passed.

The sample stream from the fast loop fed to the analyser should normally be filtered through a self-cleaning by-pass filter.

Specially installed pumps in fast loops should be avoided because of their extra maintenance requirements. However, if unavoidable the pump and its associated filter should not degrade the sample, e.g. pumps producing high shear rates (centrifugal) would not be suitable for non-Newtonian samples (fuel oils) nor should it affect the analysis or analyser function, e.g. a vacuum pump drawing sample through an oxygen analyser will alter the calibration unless pressure compensation is built in.

Facilities should be provided to indicate and regulate adequate flow in the loop.

4.6 Systèmes de dérivation

Des systèmes de dérivation peuvent être utilisés pour réduire le délai du système d'échantillonnage, par exemple en cas de vaporisation des liquides en vue de l'analyse des gaz.

Des systèmes de dérivation peuvent être utilisés lorsqu'ils ne créent pas de risques pour l'environnement et que:

- a) il est impossible de réinjecter le produit dans le processus, par exemple vapeur et/ou gaz à basse pression;
- b) il n'est pas rentable de réinjecter le produit dans le processus, sa récupération représentant un coût supérieur à la valeur du produit;
- c) la réinjection du produit dans le processus risquerait de contaminer ou de dégrader le produit;
- d) une amélioration de la qualité de fonctionnement du système d'échantillonnage est recherchée (par exemple, applications multiflux, voir 4.9).

L'emplacement de l'évent ou du système de récupération doit être soigneusement sélectionné lorsqu'il s'agit de manipuler des substances inflammables et dangereuses. Des systèmes d'aération fermés (par exemple, collecteurs d'alimentation des torches) ou des systèmes d'évacuation à contre-pression variable et basse peuvent être utilisés, à condition de prendre les précautions nécessaires pour éliminer tous les effets de pression sur l'analyse (par exemple, analyseurs nécessitant un échantillon et réalisant l'analyse à la pression atmosphérique). Il est souhaitable que les débits soient faibles afin de réduire les risques.

4.7 Systèmes de récupération des échantillons

Les systèmes de récupération des échantillons sont utilisés pour réinjecter le produit à basse pression dans le processus à l'aide de moyens mécaniques. Le produit à basse pression peut être prélevé dans le flux de dérivation et/ou le prélèvement de l'analyseur (voir 4.11.3).

De façon générale, les systèmes de récupération des échantillons sont des collecteurs équipés d'une pompe commandée par des interrupteurs à niveau situés dans le collecteur (voir 4.11.3).

4.8 Points particuliers

Si nécessaire, il convient que les échantillons en phase vapeur soient chauffés et isolés thermiquement de manière à ce qu'ils restent à une température évitant leur condensation en un point quelconque du système d'échantillonnage et de l'analyseur.

Il convient que les échantillons liquides analysés en phase vapeur soient:

- a) complètement vaporisés le plus près possible du point de prélèvement et maintenus en phase vapeur dans le système d'échantillonnage et dans l'analyseur. L'utilisation d'une sonde de mesure à alésage réduit (par exemple, alésage de 3 mm à 6 mm) dans la chaîne de production est nécessaire pour réduire le délai d'échantillonnage, ou
- b) transportés dans une boucle à recirculation rapide et vaporisés à proximité de l'analyseur.

Il convient de minimiser le volume de liquide entre le point de prélèvement de la boucle à recirculation rapide et le vaporisateur (par exemple, le volume de GPL augmente d'un facteur de 300 environ lorsqu'il est vaporisé à une pression de 1 bar at).

Il convient de prévoir le chauffage des canalisations et une isolation thermique si nécessaire, notamment pour remplacer la chaleur absorbée au niveau du vaporisateur.

4.6 By-pass systems

By-pass systems may be used to reduce sampling system lag, e.g. when vapourising liquids for gas analysis.

By-pass systems may be used where they do not create environmental hazards and

- a) it is not practicable to return product to process, e.g. vapour and/or gas at low pressure;
- b) it is not economic to return product to process because cost of recovery would exceed that of the product value;
- c) return of the product to the process would cause contamination or degradation;
- d) to improve sample system performance (e.g. multi-stream applications (see 4.9)).

Particular attention must be paid to the location of vent or drain when handling toxic and flammable substances. Closed vent systems (e.g. flare headers) or drain systems with variable but low back pressures can be used provided precautions are taken to eliminate any pressure effects on the analysis (e.g. analysers requiring sample and performing analysis at atmospheric pressure). Flows should be small to minimise risk.

4.7 Sample recovery systems

Sample recovery systems are used to return the low pressure product by mechanical means back to the process. The low pressure product may be derived from the by-pass flow and/or the analyser discharge (see 4.11.3).

Sample recovery systems are typically a collection vessel with a pump controlled from level switches within the collecting vessel (see 4.11.3).

4.8 Special considerations

Where necessary, vapour phase samples should be heat traced and thermally insulated to keep the sample at a temperature which will avoid condensation at any point within the sampling system and analyser.

Liquid samples which are analysed in the vapour phase should either be

- a) completely vapourised as close as possible to the sample take-off point and maintained in the vapour phase throughout the sampling system and analyser. The use of a reduced bore sampling probe (e.g. 3 mm to 6 mm bore) in the process line is required to reduce the sampling time lag; or
- b) transported through a fast circulating loop and vaporised near the analyser.

The volume of liquid between the take-off point of the fast loop and the vaporiser should be minimised (e.g. the volume of liquefied petroleum gas increases approximately 300 times when vaporised at a pressure of 1 bar at).

Heat tracing and thermal insulation should be provided as necessary, particularly to replace heat absorbed at the vaporiser.

Il convient de réduire la pression des échantillons de gaz le plus près possible du point d'échantillonnage ou de la boucle à recirculation rapide afin de réduire les délais d'analyse. Le chauffage des canalisations et l'isolation thermique peuvent être nécessaires au niveau du détendeur afin de remplacer la chaleur dissipée par l'effet de Joule Thomson. Si nécessaire, il convient que les tubes d'échantillon soient isolés thermiquement et chauffés afin d'éviter la condensation.

Les échantillons prélevés dans les canalisations contenant des mélanges à deux phases ou des mélanges de fluides non miscibles nécessitent une attention particulière. Lorsque le mélange doit être analysé, il convient de prélever l'échantillon dans une section de la canalisation où l'écoulement est turbulent. L'ISO 3171, bien que consacrée au pétrole brut, contient également des lignes directrices concernant l'échantillonnage de produits à deux phases.

Il convient de prévoir des dispositifs de purge des tubes d'échantillon et de l'analyseur.

- a) pour tous les flux où la viscosité de l'échantillon est supérieure à 500 cSt à 38 °C;
- b) en cas de risque de solidification;
- c) pour les utilisations sur des fluides toxiques et corrosifs;
- d) en tout endroit spécifié par l'utilisateur.

Il convient de placer des soupapes de surpression dans les sections à pression plus basse, en utilisant des équipements dont les caractéristiques nominales sont inférieures aux caractéristiques de calcul du processus et dans des zones utilisant des appareils de transfert de chaleur entre l'échangeur thermique et le robinet d'arrêt le plus proche.

Il convient de dimensionner et de positionner les soupapes de surpression de façon qu'en cas de surpression, la pression des sections protégées ne dépasse pas 150 % de la pression maximale de service. Il est recommandé de consulter et de suivre les codes et règlements internationaux/nationaux et locaux relatifs aux récipients sous pression et aux canalisations.

4.9 Systèmes multiflux

Un système de commutation multiflux peut être envisagé dans certaines applications d'analyse. Le coût de plusieurs analyseurs simple flux doit être comparé à celui d'un système multiflux, compte tenu de la meilleure fiabilité générale des systèmes simple flux.

Avant d'opter pour un système multiflux, il convient de tenir compte des aspects suivants:

- a) perte des informations de tous les flux allant vers l'analyseur en cas de panne;
- b) possibilité de contamination d'un échantillon par un autre;
- c) possibilité de contamination des fluides de processus via les systèmes d'échantillonnage (par exemple, installations pilotes et de petite dimension);
- d) augmentation du délai entre des analyses répétées sur un même flux;
- e) synchronisation de l'échantillonnage pour les analyseurs non continus et cycliques;
- f) augmentation du risque de défaillance liée à la complexité du système d'échantillonnage multiflux, du fait du dispositif de commutation, de l'unité de sélection d'échantillon et de l'unité d'enregistrement;
- g) augmentation des problèmes de maintenance du système d'échantillonnage du fait de sa plus grande complexité.

Le risque de contamination peut être réduit en:

- a) concevant le système d'échantillonnage de façon que la tête de la vanne de commutation de flux soit purgée complètement par l'échantillon à mesurer juste avant le début de l'analyse dudit échantillon en utilisant une boucle de dérivation d'échantillon;

Gas samples should be pressure reduced as close as possible to the sampling point or the fast loop to reduce time lags. Heat tracing and thermal insulation may be necessary at the pressure reducer to replace heat lost by the Joule Thomson effect. Where necessary sample lines should be thermally insulated and heat-traced to avoid condensation.

Sample from lines containing two-phase mixtures or mixtures of immiscible fluids require special consideration. Where analysis of the mixture is required the sample should be taken from a section of the line where the flow is turbulent. ISO 3171, while specifically relating to crude oil, offers further guidance on two-phase sampling.

Facilities for flushing of sample lines and analyser should be provided:

- a) on all streams where the sample has a viscosity greater than 500 cSt at 38 °C;
- b) where solidification is possible;
- c) for corrosive and toxic services;
- d) elsewhere when specified by the user.

Due consideration should be given to the provision of pressure relief valves in reduced pressure sections using equipment rated below process design ratings and in areas using heat transfer equipment between the heat exchanger and the nearest isolation valve.

Pressure relief valves should be sized and positioned so that under over pressure conditions the protected sections do not exceed 150 % of the maximum operating pressure. International/national and local pressure vessel and piping codes and regulations should be consulted and followed.

4.9 Multi-stream systems

A multi-stream switching system may be considered for some analysis applications. The cost of a number of single-stream analysers versus one on multi-stream service must be assessed against the greater overall reliability of single-stream systems.

Points to consider when opting for a multi-stream system are:

- a) loss of information on all streams to the analyser in case of failure;
- b) possibility of contamination of one sample with another;
- c) possibility of cross-contamination of process streams via the sampling systems (e.g. pilot and small scale plants);
- d) increased time delay between repetitive analyses of one stream;
- e) synchronising of sampling for discontinuous/cyclic analysers;
- f) increased probability of failure due to complexity of the multi-stream sampling system with the switching arrangement, the sample selection unit and the recording unit;
- g) increased maintenance problems of the sampling system due to greater complexity.

The possibility of contamination can be reduced by:

- a) designing the sampling system such that the entire stream switching valve header is flushed thoroughly with the sample to be measured immediately prior to commencement of the analysis of that sample by use of a by-pass sample loop arrangement;

- b) s'assurant qu'aucune partie du système de canalisations ne contient d'échantillon restant d'une analyse précédente;
- c) installant des double vannes de séparation et de prélèvement afin d'isoler les flux non sélectionnés du flux en cours d'analyse;
- d) laissant entrer l'échantillon suivant à analyser dans la section d'entrée de l'analyseur pendant qu'un échantillon est en cours d'analyse, ce uniquement lorsque la conception de l'analyseur le permet;
- e) réduisant le plus possible la longueur et le diamètre de la canalisation commune entre le système de sélection de flux et l'analyseur.

L'annexe I présente un dispositif type de sélection du flux pour les analyseurs multiflux.

4.10 Construction

4.10.1 Généralités

Il est possible de déterminer la ou les dimensions de la canalisation des boucles de recirculation en se basant sur les indications de l'annexe C, compte tenu du temps de réponse souhaité.

Il convient que les canalisations allant jusqu'au robinet d'arrêt et comprenant ce robinet soient conformes aux spécifications des canalisations de processus.

Il est recommandé de considérer les boucles de recirculation rapide comme faisant partie intégrante du système du processus, et de ce fait de tenir compte des spécifications correspondantes en matière de canalisations.

Pour les autres systèmes d'échantillonnage, il est de règle que les spécifications des canalisations du processus s'appliquent également aux dispositifs de régulation du débit, tels que les régulateurs de pression, les dispositifs d'étranglement ou les tuyaux à alésage de faibles dimensions.

Il est conseillé de maintenir à un niveau minimal le nombre de joints dans les tubes d'échantillon. Il convient que la méthode de réalisation des joints soit conforme aux spécifications correspondantes en matière de canalisations.

Si nécessaire, il convient que les tubes d'échantillon soient équipés de systèmes de récupération et d'évents. Les dispositions de canalisations conduisant à la formation de pièges doivent être évitées. Il est recommandé que les canalisations soient inclinées en direction du système de récupération et des points d'évacuation.

Il convient de prendre les mesures nécessaires pour assurer la dépressurisation et l'élimination en sécurité du fluide de processus en cas d'arrêt de l'analyseur ou de l'installation.

Il est conseillé que les systèmes d'échantillonnage en phase liquide soient équipés d'un système de chauffage, soient isolés thermiquement et gainés le cas échéant afin que les débits d'échantillon restent assurés quelles que soient les conditions climatiques.

4.10.2 Sélection des matériaux

Il convient de sélectionner les tubes d'échantillon et les principaux éléments du système (de la sonde de mesure jusqu'à l'entrée de l'analyseur) en veillant à ce qu'ils ne puissent pas détériorer la représentativité de l'échantillon.

Il convient que le fournisseur et l'utilisateur définissent d'un commun accord les matériaux destinés à une utilisation corrosive ou spéciale (par exemple, gaz de combustion).

- b) ensuring that no part of the line system contains a static sample from a previous analysis;
- c) fitting double block and bleed systems to isolate the unselected streams from the stream being analysed;
- d) ensuring that, where analyser design permits, the next sample to be analysed is flowing through the analyser inlet section while a former sample is being analysed;
- e) making the common line from the stream selection system to the analyser as short and as small a diameter as possible.

Annex I shows some typical arrangements for stream selection with multi-stream analysers.

4.10 Construction

4.10.1 General

The line size(s) of circulation loops can be determined from annex C with due regard to the response time required.

Piping up to and including the first isolation valve should be to the process piping specifications.

Fast circulating loops should be considered as part of the process system and as such due regard should be paid to the relevant piping specifications.

For other sampling systems it is common practice to meet the process piping specification up to devices which will restrict the flow, e.g. pressure regulators, restrictors or small bore tubing.

The number of joints in sample lines should be kept to a minimum. The method of jointing should conform to the relevant piping specifications.

Sample lines should be provided with drains and vents as necessary. Piping layouts which would create traps shall be avoided. Piping should be sloped towards drain and vent points as appropriate.

Provision should be made for depressurising and safe disposal of the process fluid on plant or analyser shutdown.

Liquid phase sampling systems should be heat-traced, thermally insulated and clad as necessary to ensure that sample flow rates are maintained under all weather conditions.

4.10.2 Material selection

Sample lines and major components from the sample probe to the analyser inlet should be selected to ensure no detrimental influence on the representativity of the sample can occur.

Materials for special or corrosive service (e.g. flue gas) should be agreed between supplier and user.

Il convient de prendre soin d'éviter la corrosion galvanique locale due à l'usage de métaux différents (par exemple acier inoxydable en contact avec du cuivre). Lorsque les tubes d'échantillon nécessitent des mesures spéciales (c'est-à-dire chauffage à la vapeur et isolation thermique), il convient de s'assurer que les matériaux de construction conviennent à ces nouvelles conditions. Un des problèmes type à prendre en compte est la corrosion de l'acier inoxydable sous contraintes de chlorure et de sulfure. Pour plus d'informations concernant ces problèmes, consulter les normes NACE.

Les échantillons dans lesquels les concentrations des substances chimiquement ou physiquement actives à mesurer sont minimales (par exemple, humidité ou H_2S à moins de 100 ppm), doivent faire l'objet d'une attention spéciale. Il convient notamment de veiller à la conception et à la sélection des matériaux utilisés pour construire le système d'échantillonnage en cherchant à minimiser les effets de l'adsorption et de la désorption sur les surfaces.

- a) Il convient que toutes les surfaces intérieures soient lisses. De façon générale, il est conseillé d'utiliser de l'acier inoxydable de type 316, à condition qu'il ne puisse pas participer à une réaction chimique avec l'un des composants du flux d'échantillon (par exemple, au-dessus de 100 °C, l'acier inoxydable peut provoquer la réduction du NO_2 , ce qui fausse les mesurages de NO_x dans les analyses des gaz de combustion).
- b) Il convient que les propriétés chimiques et physiques des matériaux du système d'échantillonnage soient les meilleures pour l'application prévue et qu'elles correspondent à ce qui a été défini avec l'utilisateur.
- c) Il convient que la longueur du tube d'échantillon et le volume du système d'échantillonnage soient maintenus au minimum.
- d) En règle générale, il convient de maintenir constante la température du tube d'échantillon et de tous les composants, et de veiller à ce qu'elle reste inférieure au point de rosée (gaz) ou au point de bulle (liquides).
- e) Il convient que la vitesse à l'intérieur du tube d'échantillon soit aussi élevée que possible.

4.10.3 Dispositifs de purge

En cas d'utilisation de dispositifs de purge, il convient que le fluide de purge puisse être injecté immédiatement en aval du point d'échantillonnage. Il convient de prévoir d'autres points de purge afin de pouvoir vidanger les différentes sections du système individuellement.

S'il existe un risque de contamination des échantillons, il convient de prévoir des doubles vannes de séparation et de prélèvement.

4.10.4 Suppression des obstructions

Il convient de prévoir des dispositifs permettant de supprimer en toute sécurité les obstructions aux endroits où elles sont probables, par exemple dans les flux contenant un catalyseur. Dans ce cas, il est possible de disposer des systèmes de rinçage (à la vapeur ou à l'azote) ou de concevoir des points d'échantillonnage spéciaux, équipés de dispositifs de nettoyage par canne.

4.10.5 Chauffage et isolation des canalisations

Le chauffage des canalisations peut être électrique, à vapeur ou par liquide chaud.

Il convient de prévoir une isolation et une régulation de température indépendantes lorsqu'il est nécessaire de chauffer les canalisations des systèmes analyseurs. Il ne faut en aucun cas combiner le système de chauffage des canalisations du système analyseur à celui de l'équipement de processus.

Il convient que la conception garantisse une température relativement homogène sur la canalisation et évite la présence d'endroits trop chauds ou trop froids.

Care should be taken to avoid local galvanic corrosion caused by the use of dissimilar metals (e.g. stainless steel in contact with copper). If special precautions are required for sample lines, i.e. steam tracing and thermal insulation, then care should be taken to ensure that the material of construction is suitable for these new conditions. Typical problems which may be considered are chloride and sulphide stress corrosion of stainless steel. Detailed information on these problems may be found in NACE standards.

Samples where low concentrations of physically or chemically active components are being measured (e.g. moisture or H_2S at levels below 100 ppm) require special consideration. Particular care should be taken in design and the choice of materials used for sampling system construction to minimise the effects of adsorption and desorption on surfaces.

- a) All internal surfaces should be smooth. Generally 316 stainless steel is the preferred material provided that it is not chemically reactive with a component of the sample stream (e.g. above 100 °C stainless steel can cause NO_2 reduction thus compromising NO_x measurements for flue gas analysis).
- b) The chemical and physical properties of sample system materials should be those that are superior for the application and those that have been agreed with the user.
- c) Sample line length and sampling system volume should be kept to a minimum.
- d) The temperature of the sample line and all components should generally be kept constant, consistent with avoidance of dew point (gases) or bubble point (liquids).
- e) Velocity in the sample line should be as high as practicable.

4.10.3 Flushing facilities

When using sample flushing facilities the flushing medium should be injected immediately downstream of the sampling point. Consideration should be given to additional points to enable flushing of the system in individual sections.

Double block-and-bleed valves should be provided if there is a risk of cross-contamination.

4.10.4 Blockage removal

Facilities should be provided for safe removal of blockages on applications where they are likely to occur, e.g. on streams containing a catalyst. In these cases, back purging systems (using steam or nitrogen) or specially designed rodding-through type of sample points may be installed.

4.10.5 Heat tracing and insulation

Heat tracing may be electric, steam or hot liquid.

Independent isolation and regulation should be provided for any trace heating required on analyser systems. In no circumstances should analyser system trace heating be combined with that for process equipment.

The design should ensure a reasonably uniform line temperature throughout the system, without excessive hot or cold spots.

Il convient que l'isolation puisse être facilement démontée pour les interventions de maintenance. Dans la mesure du possible, il est recommandé d'utiliser une isolation thermique préformée. Sinon, il est possible de loger le système d'échantillonnage dans un boîtier d'isolation chauffé.

Il convient que la protection du personnel soit prise en compte dans l'isolation des surfaces chaudes et froides.

Il est recommandé de laisser un espace suffisant entre les tubes d'échantillon – isolation et revêtement thermiques compris – et les câbles et autres servitudes.

4.10.6 Limitation des risques de fuite

Afin de minimiser les risques de fuite accidentelle d'échantillon, il est recommandé que la section du système d'échantillonnage située dans le bâtiment pour analyseurs soit la plus simple possible et que sa contenance et le nombre de connexions soient les plus faibles possibles.

Il convient que les canalisations du système d'échantillonnage soient conçues en vue de limiter le débit de l'échantillon dans le bâtiment pour analyseurs, ce qui facilite le respect des exigences stipulées en 3.6.4 a), b) et c).

Il convient de prévoir des orifices de récupération dans toutes les armoires contenant l'équipement d'échantillonnage ainsi qu'une soupape à disque en cas de liquides haute pression se vaporisant à la pression atmosphérique. L'utilisation d'équipements électriques dans les armoires peut rendre les exigences de ventilation plus contraignantes.

4.10.7 Emplacement de l'équipement

Il convient que la conception de l'installation et du système d'échantillonnage garantisse l'accès facile des composants susceptibles de requérir une maintenance (par exemple, filtres, vannes des réducteurs, débitmètres) depuis une plate-forme au niveau de référence ou une plate-forme fixe et leur démontage avec une dépose minimale.

Il convient de grouper les équipements auxiliaires, tels que les débitmètres, les soupapes, etc., le plus près possible de l'analyseur, mais de réduire au minimum le nombre d'éléments placés dans le bâtiment afin de garantir le bon fonctionnement de l'analyseur.

Il est conseillé de positionner un jeu de robinets d'arrêt à l'extérieur du bâtiment et dans le voisinage immédiat de celui-ci. Il est préférable que ces robinets soient facilement accessibles. Il convient que la sélection des robinets soit guidée par leur compatibilité avec l'échantillon et par la vitesse de fermeture requise.

4.10.8 Instrumentation

Il convient d'indiquer localement le débit des boucles rapides, le débit du flux d'échantillon vers les analyseurs et le débit des flux de dérivation éventuels.

Si l'utilisateur le permet, il est possible d'utiliser des débitmètres à section variable en verre comme indicateurs locaux pour les utilisations dans des milieux toxiques ou corrosifs présentant un faible risque, par exemple échantillons non corrosifs et propres dans des conditions proches de la température ambiante et à faibles pression et débit. Le cas échéant, il convient de les protéger par des moyens mécaniques et de les caréner de manière à éviter tout risque de blessure en cas de défaillance du tube. En revanche, pour les utilisations dans des milieux toxiques ou corrosifs présentant un risque élevé, il convient généralement d'utiliser des débitmètres à section variable en acier inoxydable ou une autre méthode approuvée (par exemple, ouverture à section variable, débitmètre à turbine ou cellule de mesure à pression différentielle).

Insulation should be readily removable for maintenance purposes. Pre-formed thermal insulation should be used where possible. Alternatively, sections of the sampling system can be housed in a heated insulated box.

Insulation of hot and cold surfaces should take into consideration the protection of personnel.

Adequate spacing should be left between sample lines, including thermal insulation and cladding and cables or other services.

4.10.6 Minimising risks from leakage

To minimise risks arising from accidental leakages of sampled material, that portion of the sampling system inside an analyser housing should be as simple as possible with the smallest contained volume and lowest number of connections practicable.

Piping of the sampling system should be designed to limit the flow of sample into an analyser house to assist in meeting the requirements of 3.6.4 a), b) and c).

All cabinets containing sampling equipment should be fitted with drain holes and if containing high pressure liquids which vaporise at atmospheric pressure, should be fitted with a bursting disc. Use of electrical equipment inside cabinets may necessitate increased ventilation requirements.

4.10.7 Location of equipment

Installation and sampling system design should ensure that components likely to require maintenance (e.g. filters, pressure reducing valves, flow meters) are readily accessible from grade or permanent platforms and can be removed with the minimum of dismantling.

Ancillary equipment such as flow meters, valves, etc. should be conveniently grouped as near as possible to the analyser, but only a minimum of components for satisfactory operation should be located inside the housing.

A set of sample isolating valves should be located externally and adjacent to the housing. They should be easily accessible. Valve selection should be based on sample compatibility and required speed of closure.

4.10.8 Instrumentation

Fast loop flows, the sample stream flow to each analyser and any by-pass stream flows, should be indicated locally.

Glass tube variable area flow meters may be used with the approval of the user as local indicators for low risk service such as clean and non-corrosive samples under conditions of near ambient temperature, low pressure and low flow. Where used they should be mechanically protected and shrouded to prevent injury in case of tube failure. For high-risk service generally stainless steel variable area meters should be used or an alternative approved method (e.g. variable area orifice, turbine meter or differential pressure cell).

Il convient d'indiquer à l'entrée de l'analyseur la pression et, si nécessaire, la température de l'échantillon.

Il convient d'indiquer la pression aux endroits appropriés du système d'échantillonnage, par exemple en amont et en aval des régulateurs, en amont et en aval des filtres, au niveau de l'aspiration et du refoulement des pompes, au niveau des soupapes de sûreté, etc. Il convient cependant de minimiser les branches de ligne/volumes inutilisés en procédant à des couplages rapprochés, notamment dans les sections à débit relativement faible qui délivrent l'échantillon final à l'analyseur.

Il convient d'indiquer la température aux endroits appropriés du système d'échantillonnage, par exemple après les échangeurs thermiques, à l'entrée et à la sortie des sections de canalisation chauffées, etc.

Il est conseillé de prévoir un système d'arrêt à distance en cas d'urgence (voir également 2.6 et 3.9).

4.10.9 Identification

Il convient d'identifier et d'étiqueter de façon permanente les points de prélèvement et de réinjection d'échantillon, les robinets d'arrêt et les tubes d'échantillon.

4.11 Elimination des effluents

4.11.1 Généralités

Il convient d'éliminer les produits toxiques et inflammables selon une méthode sûre et de réévaluer la classification de l'emplacement conformément à la CEI 60079-10 et au code IP de sécurité électrique.

4.11.2 Vapeur

Il convient, si possible, de rejeter les effluents dans des systèmes d'évacuation clos certifiés. Il est recommandé d'éviter de rejeter les effluents depuis les évacuations locales directement dans l'atmosphère lorsque cela est possible. Si tel n'est pas le cas, il convient que la conception de l'analyseur garantisse que les rejets sont véritablement réduits au minimum absolu.

De nombreux analyseurs cycliques, comme les chromatographes, échantillonnent et fonctionnent à la pression atmosphérique et ne peuvent tolérer une évacuation vers des systèmes clos. Afin de réduire le rejet d'échantillon dans l'atmosphère, il convient d'utiliser ce que l'on appelle des «systèmes de prise d'échantillon à pollution minimale». Ces systèmes font circuler l'échantillon par la vanne d'échantillon de l'analyseur et le conduisent vers un système d'évacuation clos ou le ramènent dans le processus, en laissant l'analyseur réaliser l'échantillonnage à la pression atmosphérique. Pour ce faire, ils isolent la courte section contenant la vanne d'échantillon, l'ouvrent du côté de l'évacuation atmosphérique et laissent à l'échantillon le temps de se stabiliser à la pression atmosphérique avant de l'injecter (voir annexe I).

Que l'échantillonnage puisse être effectué à la pression atmosphérique ou non, des évacuations atmosphériques restent nécessaires pour les colonnes de chromatographe, les détecteurs ainsi que pour tous les systèmes dans lesquels les variations de contre-pression et/ou la contamination en retour peuvent nuire gravement au fonctionnement. Il convient que ces évacuations soient complètement indépendantes.

Il convient de dimensionner la conduite d'évacuation atmosphérique en conformité avec les limites du fabricant en matière de contre-pression, et leur alésage doit de préférence être au moins égal à 10 mm.

The sample pressure and, if necessary, the temperature should be indicated at the analyser inlet.

Pressures should be indicated at appropriate points in the sample system, e.g. upstream and downstream of regulators, upstream and downstream of filters, suction and discharge from pumps, at relief valves, etc. However care should be taken to minimise dead legs/volumes by close coupling, especially in the relatively low flow rate sections delivering the final sample to the analyser.

Temperature should be indicated at appropriate points in the sample system, e.g. after heat exchangers, at inlet and outlet of heat traced sections, etc.

Consideration should be given to remote shutdown in emergency (see also 2.6 and 3.9).

4.10.9 Identification

Sample take-off and return points, isolating valves and sampling lines should be identified and permanently labelled.

4.11 Effluent disposal

4.11.1 General

Flammable and toxic materials should be disposed of in a safe manner and the area classification re-assessed in accordance with IEC 60079-10 and IP electrical safety code.

4.11.2 Vapour

Where possible effluents should be disposed of to approved closed vent systems. Direct independent discharges to atmosphere from local vents should be avoided if at all possible but if unavoidable the analyser system design should ensure that the discharge is an absolute minimum.

Many cyclic analysers, such as chromatographs, sample and operate at atmospheric pressure and cannot tolerate discharge to closed systems. To minimise sample discharge to atmosphere, use should be made of what are termed "minimum pollution sample systems". These allow sample flows through the analyser sample valve to a closed vent system or even back to the process whilst letting the analyser still perform its sampling at atmospheric pressure by isolation of the small section containing the sample valve, opening it to an atmospheric vent and giving time to stabilise at atmospheric pressure before sample injection (see annex I).

Regardless of allowing sampling at atmospheric pressure, there is still a requirement for atmospheric vents from chromatograph columns, detectors and other systems where back pressure variations and/or back contamination may have a significant effect on operation. These vents should be completely independent.

The atmospheric vent line should be sized to comply with manufacturer's limits for back pressure, preferably not smaller than 10 mm bore.

Il convient que l'extrémité de toutes les canalisations d'évacuation soit telle que les eaux de pluie ne puissent y pénétrer, et si nécessaire, que le vent ne puisse pas avoir d'effet sur l'analyseur. Il convient que chaque évacuation soit équipée d'un collecteur d'eau/de condensat avec un robinet de purge ou autre (par exemple, raccord en S) en son point le plus bas.

Il convient d'envisager l'utilisation de pare-feu sur les évacuations de vapeurs inflammables.

4.11.3 Liquides

Il est préférable de réintroduire les échantillons de liquides chargés en hydrocarbures directement dans le processus ou de les rejeter dans le système de rejet de l'installation, la méthode d'élimination étant fonction de la valeur et de la nature difficile de l'échantillon (par exemple, cireux) ainsi que des quantités.

Conformément aux pratiques environnementales correspondantes, il est recommandé d'éviter d'éliminer les hydrocarbures vers des évacuations d'eau huileuse ou des systèmes d'égout ouverts.

Lorsqu'il est nécessaire de réinjecter l'échantillon directement dans le processus, il est possible de le faire à l'aide d'une pompe associée à chaque système analyseur ou par l'intermédiaire de systèmes de récupération d'échantillon, par exemple réservoir de vidange commun avec une évacuation commandée.

Les bassins doivent être équipés comme suit:

- a) pompe d'évacuation automatique;
- b) alarmes de niveaux haut et bas;
- c) trop-plein vers un système de récupération approprié (par l'intermédiaire d'un piège en U ou d'un joint similaire);
- d) évacuation atmosphérique, éventuellement équipée de pare-feu, si la pression de vapeur des échantillons est supérieure à la pression atmosphérique;
- e) robinet de purge manuel.

Il convient de positionner les analyseurs de façon que leurs évacuations soient plus élevées que la tête des systèmes de purge. Il convient de relier directement les canalisations de purge provenant des analyseurs à la tête du système de purge, sans robinet.

Il est conseillé de dimensionner les canalisations de purge de manière à empêcher toute contre-pression dans les systèmes analyseurs. Il est également conseillé de les poser inclinées et, si nécessaire, de les ventiler afin d'empêcher la formation de poches d'air.

L'évacuation des produits doit être effectuée avec un système d'évacuation approprié, notamment s'il s'agit de fluides toxiques, inflammables, corrosifs ou cireux.

4.12 Dispositifs d'étalonnage

La vérification de l'étalonnage des analyseurs fait partie des tâches de routine. La publication 175 de l'EEMUA constitue un guide général sur les principes et les méthodes d'étalonnage et de vérification des analyseurs de processus.

La fréquence des vérifications d'étalonnage dépend du type d'analyseur, de sa classe de service et de l'importance fonctionnelle accordée aux résultats qu'il fournit.

Il convient de prévoir un point d'échantillonnage de vérification de l'analyseur permettant le prélèvement d'échantillons de chaque flux d'échantillonnage. Il est conseillé de positionner les points d'échantillonnage à l'extérieur du bâtiment pour analyseurs au maximum 1,5 m au-dessus du sol ou de la plate-forme surélevée. Il convient de placer un collecteur ou un puits,

The tops of all vent lines should be arranged to prevent entry of rainwater and, where necessary, to prevent wind effects on the analyser. Each vent should have a water/condensate pot with a drain valve or alternative (e.g. goose neck) at the lowest point.

The use of flame arrestors should be considered on vents with flammable vapours.

4.11.3 Liquid

Liquid hydrocarbon samples should preferably be returned directly to the process or discharged to the plant slops system, the method of disposal being dependent on the value or difficult nature (e.g. waxy) of the sample and the quantities involved.

In accordance with appropriate environmental practices the disposal of hydrocarbon to oily water drain or open sewer systems should be avoided.

Where direct return of the sample to the process is required, this may be by either a pump associated with each analyser system or via sample recovery systems, e.g. a common sump tank with controlled pump-out.

Sump tanks shall be provided with:

- a) automatic pump-out;
- b) high and low level alarms;
- c) overflow to a suitable drain (via U-trap or similar seal);
- d) atmospheric vent which may need a flame arrestor if samples have vapour pressures above atmospheric pressure;
- e) manual drain valve.

Analysers should be located such that their outlets are at a sufficient elevation in respect to drain headers. Drain lines from the analysers should be routed directly to the drain header without valves.

Drain lines should be of sufficient size to prevent back-pressure on the analyser systems and should slope and be vented as necessary to prevent air locks.

When disposing of materials to drain, care must be taken to ensure the drain system is suitable particularly where toxic, flammable, corrosive or waxy fluids are concerned.

4.12 Calibration facilities

The calibration of all analysers has to be proved on a routine basis. A general guide to the principles and methods used for calibrating and checking process analysers is given in EEMUA Publication 175.

The frequency of calibration checking depends on the type of analyser, its duty and the operational importance put upon its output.

An analyser check sampling point should be provided for the withdrawal of samples for each sampling stream. Sampling points should be located outside the analyser housing and at a height of not more than 1,5 m above ground or raised platform. A tundish, or trough, directly

raccordé directement à l'évacuation par un joint approprié, environ 0,5 m en dessous de chaque point d'échantillonnage de liquides. Il convient de tenir compte de la modification de la classification d'emplacement occasionnée par le point d'échantillonnage.

Il est conseillé que le point d'échantillonnage de vérification de l'analyseur soit situé en aval de tout équipement de conditionnement d'échantillon et qu'il soit représentatif de l'échantillon acheminé vers l'analyseur.

Il convient que le prélèvement de l'échantillon de vérification ne perturbe pas le fonctionnement de l'analyseur. Le point de prélèvement de l'échantillon de vérification ne doit pas être utilisé pour prélever l'échantillon de processus du laboratoire.

NOTE Pour l'installation des points de prélèvement d'échantillon de processus pour le laboratoire, il convient de veiller à les placer à l'écart des points de prélèvement d'échantillon de l'analyseur et des systèmes d'échantillonnage, mais de les placer au même niveau sur la chaîne de production. Cette mesure permet de vérifier indépendamment l'analyseur et le système d'échantillonnage et évite les risques de perturbation du système d'échantillonnage.

Il convient de prévoir des dispositifs permettant l'introduction des échantillons d'étalonnage dans les analyseurs. Il est recommandé d'entreposer les conteneurs des échantillons toxiques ou présentant un risque d'explosion à l'extérieur du bâtiment pour analyseurs et de procéder au prélèvement en continu depuis l'extérieur du bâtiment. Leur capacité doit suffire pour 10 étalonnages au minimum.

Si nécessaire, il convient de pressuriser les échantillons d'étalonnage de manière à ce qu'ils soient conformes aux conditions d'entrée normales de l'analyseur (pression, débit). Il convient de chauffer les conteneurs d'échantillons dont la viscosité est élevée ou qui peuvent geler ou se stratifier aux températures ambiantes. Cependant, il convient de vérifier la stabilité des propriétés des échantillons à la chaleur. Il est recommandé de chauffer la partie inférieure du conteneur afin d'assurer la circulation continue et le mélange de l'échantillon.

Il est conseillé que les conteneurs d'échantillon d'étalonnage soient faciles à remplir, à vider et à nettoyer. Il convient d'envisager la possibilité d'utiliser des conteneurs portables qui peuvent être acheminés dans les laboratoires pour ces opérations.

Il convient de placer les bouteilles à gaz d'étalonnage dans des cadres situés hors du bâtiment pour analyseurs, à l'abri des rayons du soleil et des conditions de température extrêmes. De façon générale, les bouteilles à gaz doivent être équipées d'un dispositif de régulation (certifié par le fournisseur) afin de délivrer à l'analyseur du gaz conforme aux conditions requises. Il convient de placer ces bouteilles à un endroit permettant leur remplacement facile.

Certains mélanges de gaz étalon peuvent perdre leur homogénéité s'ils sont entreposés de façon prolongée, notamment à des températures hors de la plage comprise entre 10 °C et 40 °C. Il convient de demander l'avis du fournisseur du mélange gazeux. Il est possible de chauffer les bouteilles sur la partie inférieure de façon que la température du gaz reste supérieure à 10 °C et/ou à favoriser le mélange par effet de convection.

Toute contamination des échantillons de processus par les échantillons d'étalonnage (et inversement) doit être évitée, par exemple en installant des raccords séparés ou des doubles vannes de séparation et de prélèvement. Un exemple est présenté à l'annexe I.

4.13 Etalonnage automatique

Ce paragraphe renvoie à deux systèmes distincts, à savoir:

- a) suite à une commande manuelle ou à un déclenchement périodique, un échantillon d'étalonnage est introduit dans l'analyseur qui procède à l'auto-étalonnage (par exemple, intervalle de mesure et zéro) et au réajustement nécessaire;

coupled to drain via a suitable seal, should be fitted approximately 0,5 m below each liquid sampling point. Consideration should be given to the change in area classification caused by the sampling point.

The analyser check sampling point should be downstream of all sample conditioning equipment and representative of the sample presented to the analyser.

Withdrawal of the check sample should not affect the operation of the analyser. The check sample point shall not be used as a process laboratory sample point.

NOTE When installing laboratory process sample points they should be completely separate from analyser sample points and sampling systems but at the same point in the process line. This precaution would provide an independent check of the analyser plus sample system and also avoid the possibility of sample system disturbances.

Facilities should be provided for the introduction of calibration samples into analysers. For samples which are toxic or potentially explosive, containers should be located outside the analyser housing and be permanently piped from outside the house. The capacity should be sufficient for at least 10 calibrations.

Where necessary, calibration samples should be pressurised to comply with the normal analyser sample inlet conditions of pressure and flow rate. Containers should be heated when using high-viscosity samples or when using samples that are liable to freeze or stratify at ambient temperatures but care should be exercised in confirming sample properties are thermally stable. Heating should be applied to the lower half of the container to provide continuous circulation and mixing of the sample.

Calibration sample containers should be easy to fill, empty and clean. Consideration should be given to transportable containers which may be removed to the laboratory for such operations.

Calibration gas cylinders should be installed in racks outside the analyser housing and protected from direct sunlight and extremes of temperature. A cylinder head regulator is usually necessary (approved by cylinder supplier) to supply the analyser with gas under the required conditions. Cylinders should be located to allow easy replacement.

Some standard gas mixtures can become non-homogeneous in prolonged storage, especially if stored outside of the range 10 °C to 40 °C. Advice should be sought from the gas mixture supplier. Heating can be applied to the lower half of the cylinder to maintain the gas cylinder temperature above 10 °C and/or promote mixing due to convection effects.

Cross-contamination between calibration and process samples needs to be avoided, e.g. physical disconnection or the installation and use of double block and bleed valves. A typical arrangement is shown in annex I.

4.13 Automatic calibration

This subclause refers to two distinct systems:

- a) on a time-based or manual initiation, a calibration sample is fed to the analyser which will self-calibrate (e.g. span and zero) and will re-adjust accordingly;

- b) suite à une commande manuelle ou à un déclenchement périodique, un échantillon d'étalonnage est transmis à l'analyseur pour analyse et ce résultat est comparé à celui du fluide d'étalonnage.

La méthode a) correspond à un étalonnage entièrement automatisé. Elle est souvent utilisée pour les sites éloignés ou dans les installations où la dérive de l'analyseur (qu'elle qu'en soit la raison) représente un problème grave. Il est courant de compléter le dispositif par des alarmes qui se déclenchent en cas de dépassement des paramètres prédéterminés.

La méthode b) correspond à une vérification de l'analyseur (souvent appelée validation) dont l'objectif premier est de renforcer la confiance de l'utilisateur dans l'appareil. En mode automatique, il convient qu'il existe des alarmes indiquant la dérive de l'analyseur en dehors des limites prédéfinies.

Dans les deux cas, il faut prévoir les dispositifs adéquats pour

- a) empêcher toute contamination entre le produit et le fluide de vérification/étalonnage;
- b) garantir que le système de surveillance de l'installation est informé de l'opération de vérification ou d'étalonnage automatique en cours et que les appareils de contrôle basculent sur l'action par défaut,
- c) garantir la présence de l'échantillon d'étalonnage/de vérification dans l'analyseur.

5 Communications

5.1 Introduction

Cet article traite brièvement des signaux émis par l'analyseur et des différentes utilisations qui peuvent en être faites.

5.2 Emission

Il existe trois modes d'émission des mesures faites par l'analyseur:

- a) Analogique continu pour les analyseurs pH, infrarouge, oxygène, viscosité, etc.;
- b) Analogique cyclique pour les chromatographes;
- c) Numérique par les bus de données (par exemple à utiliser de préférence avec des protocoles internationaux pour la compatibilité avec d'autres appareils).

En règle générale, les signaux continus et cycliques sont compris entre 4 mA et 20 mA. Il convient de pouvoir les isoler.

La communication des mesures sous forme de signaux numériques devient progressivement la norme, via des liaisons série/des bus de données et est généralement disponible sur les analyseurs en continu et cycliques avec des signaux de sortie analogiques discrets servant de signaux de sortie secondaires.

En outre, des communications à état on/off peuvent avoir lieu entre l'analyseur (le bâtiment) et le poste de commande dans les situations suivantes:

- a) une des alarmes mentionnées dans les articles précédents;
- b) signal «Nouveau». Habituellement une inversion de contact à la fin d'un cycle d'un analyseur cyclique informant le terminal de réception (ordinateur) que de nouvelles données sont disponibles;
- c) «alarme hors service». Informe le terminal de réception que l'analyseur ne fonctionne pas. Cela peut arriver lorsque l'analyseur est en mode d'étalonnage/ validation;

- b) on a time based or manual initiation, a calibration sample is fed to the analyser and this result is compared against the calibration medium.

Method a) corresponds to a fully automatic calibration and is generally used in remote locations, or where analyser drift (for whatever reason) is a severe problem. It is usual to incorporate limits that alarm when re-calibration is outside predetermined parameters.

Method b) corresponds to an analyser verification (often termed validation) and its prime purpose is to instil operator confidence in the analyser. When in the automatic mode there should be alarms to indicate if the analyser has drifted outside pre-determined limits.

In both cases adequate facilities must be provided to

- a) prevent cross-contamination of product and verification/calibration medium,
- b) ensure that during verification or automatic calibration, the plant control system is aware of the operation and any controller transfers to the default action,
- c) ensure that verification/calibration sample is available at the analyser.

5 Analyser communications

5.1 Introduction

This clause deals briefly with the signal transmission from the analyser and the various uses to which it may be put.

5.2 Signal transmission

There are three basic methods of transmitting analyser measured values:

- a) Continuous analogue typically from pH, infrared, oxygen, viscosity analysers, etc.
- b) Cyclic analogue typically from chromatographs.
- c) Digital communication typically via data highways (e.g. preferably with internationally acceptable protocols for compatibility with other instrumentation).

The continuous and cyclic signals are usually 4 mA to 20 mA and should be isolated.

Communication of digitised measured value signals is progressively becoming the norm via serial links/data highways and is generally available on both continuous and cyclic analysers with discrete analogue outputs offered as secondary outputs.

In addition there may be on/off status communications between the analyser (house) and the control room representing:

- a) any of the alarms mentioned in previous clauses;
- b) "come read" signal. Usually a contact changeover at the end of the cycle of a cyclic analyser informing the readout instrument (computer) that new data is available;
- c) "out of service alarm" informing the read-out instrument that the analyser is not in service. This may be because the analyser is in the calibration/ validation mode;

- d) «demande de maintenance». Informe le terminal de réception que l'analyseur a détecté un fonctionnement anormal et que, pendant la durée de validité du signal de sortie, une action corrective est nécessaire pour éviter que le signal de sortie ne perde sa validité rapidement;
- e) «alarme dysfonctionnement». Informe le terminal de réception de la présence d'un dysfonctionnement sur l'analyseur et que le signal de sortie n'est pas valable;
- f) «vérification/étalonnage». Informe le terminal de réception que l'analyseur est en train de procéder à un étalonnage ou qu'il est en cours de vérification;
- g) «demande de vérification/étalonnage». En règle générale, il s'agit d'un signal du poste de commande qui demande à l'analyseur de procéder à une séquence de vérification ou d'étalonnage;
- h) «flux». Sélection/identification du flux en cours d'utilisation.

Des informations sur l'état on/off peuvent être transmises par des fermetures de contacts simples et des entrées discrètes vers le système de réception, ou être comprises dans des communications par liaison série/bus de données.

5.3 Sécurité

Une attention particulière doit être apportée aux risques potentiels liés à l'émission de signaux.

Les analyseurs adaptés à un fonctionnement en zone dangereuse par des méthodes de purge doivent être tout particulièrement surveillés. En cas de panne de la purge, l'alimentation secteur doit être isolée, ainsi que les lignes de transmission.

Lorsque les analyseurs sont arrêtés/isolés pour la maintenance ou suite à leur mise hors tension (dysfonctionnement de la ventilation/détection de gaz, etc.), une attention particulière doit être portée aux pièces des circuits électriques situées dans l'analyseur et qui restent alimentées par les lignes de transmission externes susceptibles de présenter des risques d'inflammation ou d'électrocution. Il est possible que les contacts numériques soient soumis à des tensions de sécurité non intrinsèquement sûres et que les bus de données puissent ne pas nécessairement être certifiés électriquement, etc. Il est recommandé de veiller à ce que les relais d'isolation spécifiques, montés dans des zones sécurisées ou dans des enveloppes certifiées coupent automatiquement les lignes de transmission qui n'ont pas la certification adéquate.

5.4 Câbles

L'acheminement des lignes de transmission doit être étudié avec soin, en particulier à l'intérieur des bâtiments pour analyseurs où il peut être difficile de faire la distinction entre un signal IS, un signal non IS et les câbles d'alimentation.

Le câblage en fibre optique peut être utilisé sans exigence particulière de séparation par rapport aux câbles électriques. Pourtant, ils peuvent aussi constituer une source potentielle d'inflammation s'ils sont accidentellement endommagés. Il faut donc tenir compte de ce point. Des normes européennes et américaines sont à l'étude et il convient de les consulter lorsqu'elles sont disponibles.

5.5 Linéarisation

De nombreux analyseurs génèrent un signal de sortie non linéaire. Pour permettre une utilisation adaptée des résultats, il est souvent nécessaire de linéariser le signal de sortie. Le plus souvent, cette opération est réalisée au niveau de l'émetteur.

5.6 Utilisation du signal

Les signaux de l'analyseur sont généralement utilisés pour trois fonctions:

- a) indication ou enregistrement à titre informatif, ou commande via une boucle ouverte;

- d) "maintenance request" informing the read-out instrument that the analyser has detected incorrect working of the analyser and whilst the analyser output is still valid corrective work is needed to avoid the likelihood of it becoming invalid in the near future;
- e) "failure alarm" informing the read-out instrument that the analyser has failed and the output is invalid;
- f) "verifying/calibrating" informing the read-out apparatus that the analyser is calibrating or being verified;
- g) "verification/calibration request". Usually a signal from the control room, requesting the analyser to perform a verification or calibration sequence;
- h) "stream". Selection/identification of stream in use.

On/off status information can be supplied either via simple contact closures and use of discrete inputs to the receiving system or included in serial link/data highway communications.

5.3 Safety

Particular attention has to be paid to the possible hazards associated with signal transmission.

Analysers made suitable for hazardous area operation by using purging methods are of particular concern, e.g. on loss of the purge not only the mains power has to be isolated, but also the transmission lines.

When analysers are shut down/isolated either for maintenance or as a result of hazard initiated trips (ventilation failure/gas detection, etc.) special attention should be paid to parts of the electrical circuits within the analyser remaining powered via the external transmission lines which could present ignition and/or electrical shock hazards. Digital contacts may have non-intrinsically safe voltages applied, digital highways may be electrically uncertified, etc. Consideration should be given to special isolation relays mounted in safe areas or in certified enclosures to cut unsuitably certified transmission lines automatically.

5.4 Cables

The routing of signal transmission lines has to be carefully considered, particularly inside analyser houses where segregation between IS signal, non-IS signal and power cables can be difficult.

Fibre optic signal cabling can be run without particular segregation requirements from electrical cables. However, they can, in their own right, be an ignition hazard if accidentally damaged and this needs to be considered. European and USA standards are under consideration and should be consulted when available.

5.5 Linearisation

Many analysers produce a non-linear output. To enable suitable utilisation of the results the output often has to be linearised. This is usually performed at the transmitter.

5.6 Use of signal

The use to which analyser signals are put generally fall into three categories:

- a) indicating or recording for information purposes, or control through open loop;

- b) surveillance via des appareils de contrôle conventionnels (en général, boucle en cascade). Généralement, il s'agit simplement d'assurer le respect de limites, de façon que l'analyseur n'ait pas d'autre choix que de s'arrêter. Cela garantit qu'un dysfonctionnement de l'analyseur n'entraîne pas de perturbation majeure de l'installation;
- c) surveillance et optimisation de l'installation par l'intermédiaire de l'ordinateur de commande de l'installation. C'est pour ce type d'applications que la plupart des signaux numériques «spécialisés» sont nécessaires.

5.7 Alarmes

Outre les alarmes présentées en 3.9.8, les analyseurs individuels sont souvent capables de générer des alarmes spécifiques sur leur état actuel, avec des indications sur leurs résultats.

Ces alarmes peuvent être de deux types:

- a) hors service et dysfonctionnement – Résultat erroné maintenant, à ne pas utiliser pour la commande;
- b) demande de maintenance – Le résultat sera faux en l'absence de surveillance de l'analyseur – le signal peut encore être utilisé pour la commande.

5.8 Vérification/étalonnage

Au cours d'un cycle de vérification/étalonnage, l'analyseur ne peut pas être utilisé pour la commande et les appareils de contrôle de l'installation doivent en être «informés». Une méthode simple consiste à geler le signal du dernier message sur l'état de l'installation pendant toute la durée du cycle de vérification/étalonnage.

Pendant la vérification/l'étalonnage d'un analyseur cyclique, il faut s'assurer que les ordinateurs de l'installation ne sont pas perturbés par les données qui leurs sont présentées (voir annexe F).

- b) control through conventional controllers – normally via a cascade loop. It is usual to fit control limits so that the analyser can only trim. This ensures that on an analyser failure, drastic plant upset will not result;
- c) plant control and optimisation via the plant control computer. It is for this type of application that most of the "specialised" digital signals are required.

5.7 Alarms

Apart from the alarms listed in 3.9.8, individual analysers are often capable of generating alarms specific to their own condition and with regard to their results.

This type of alarm falls into two categories:

- a) out of service and failure – The result is wrong now and should not be used for control;
- b) maintenance request – The result will be wrong if the analyser does not receive attention – the signal may still be used for control.

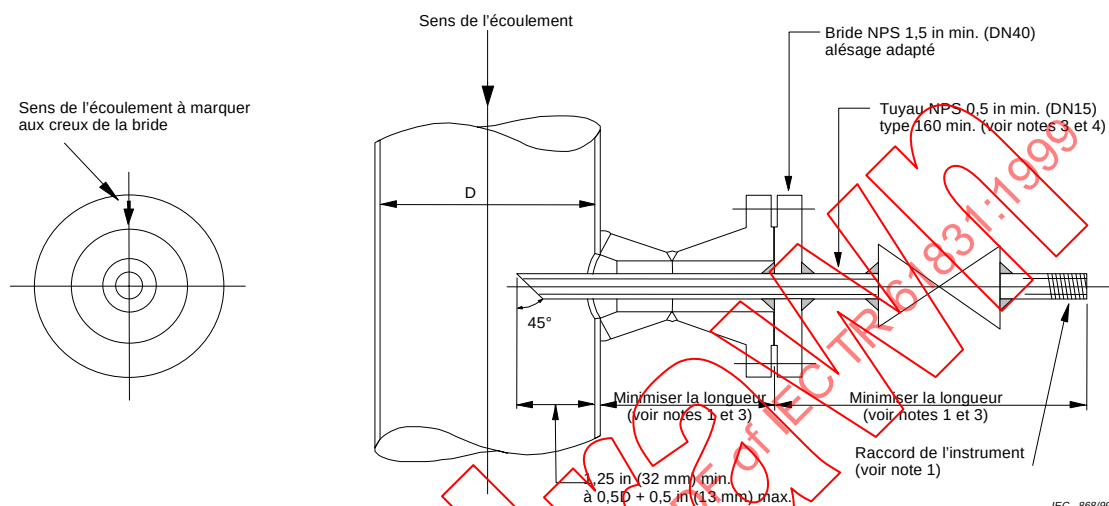
5.8 Verification/calibration

During a verification/calibration cycle the analyser cannot be used for control and the plant controllers have to be "informed". One common method is that for the duration of the verification/calibration cycle the signal for the last plant indication is frozen.

During the verification/calibration of a cyclic analyser, particular care has to be taken to ensure any plant computer is not confused by the data presented to it (see annex F).

Annexe A

Sonde de mesure type de la chaîne de production, de dimension NPS 2" et supérieure



NOTE 1 Il convient que tous les matériaux, les types de bride, les raccords de tuyauterie, les vannes, les classes, les détails de raccordement des branches, les détails des instruments, les raccords des instruments, les détails de soudure et le traitement thermique soient conformes aux spécifications correspondantes en matière de canalisations.

NOTE 2 Il est déconseillé d'installer la sonde sur la partie inférieure de la chaîne de production, afin d'éviter que de la poussière ou que de l'eau ne soient prélevées avec l'échantillon.

NOTE 3 Il convient de minimiser le volume contenu par la sonde en limitant ses dimensions, comme illustré sur la figure ci-dessus. Si nécessaire, il convient d'utiliser des doubles vannes. En cas de vaporisation de l'échantillon liquide, il est recommandé d'utiliser des canalisations doubles extra-fortes et des vannes à alésage réduit.

NOTE 4 Il convient de marquer en creux sur la bride le numéro d'identification de la sonde et le sens de l'écoulement.

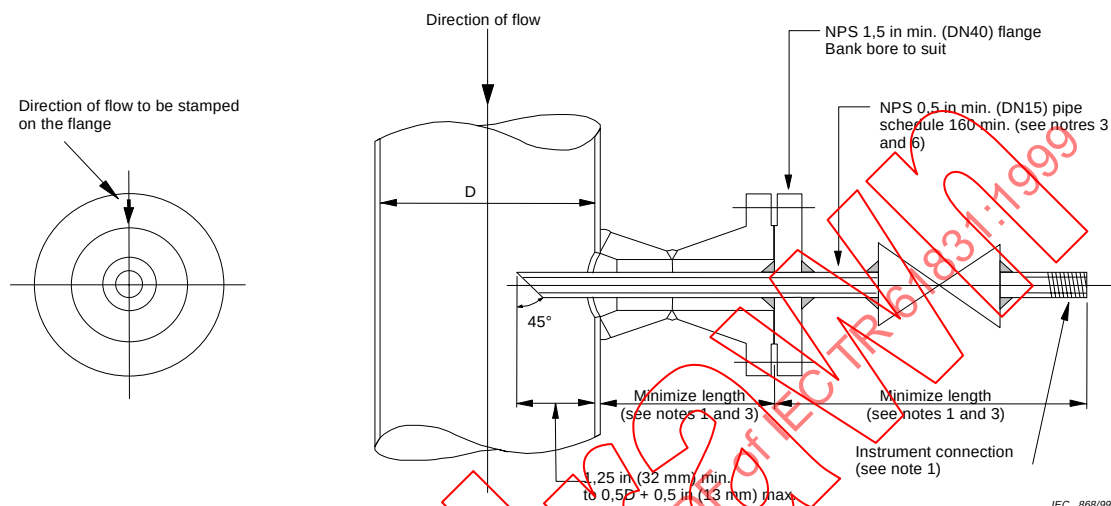
NOTE 5 La présente sonde est recommandée uniquement pour l'échantillonnage de processus monophasé.

NOTE 6 Lorsqu'il existe des boucles à recirculation rapide, la dimension de la sonde et, si nécessaire, le raccordement de la branche peuvent être augmentés de façon à satisfaire les exigences relatives au débit des boucles.

NOTE 7 Dans la conception de la sonde, il convient de veiller à ce que des effets de résonance ne puissent pas provoquer son dysfonctionnement.

Annex A

Typical analyser process line sampling probe for line sizes NPS 2" and above



NOTE 1 All materials, flange type, pipe fittings, valves, class rating, branch connection details, instrument details, instrument connection, welding details and heat treatment should comply with relevant piping specifications.

NOTE 2 The probe should not be installed in the bottom of process lines to avoid dirt and/or water entrainment in the sample.

NOTE 3 The contained volume of the probe should be minimised by limiting the dimensions shown in the figure. Where necessary, double valving should be provided. When the liquid sample is vaporised, double extra strong pipe and reduced bore valves should be used.

NOTE 4 The flange should be stamped with the probe tag number and flow direction.

NOTE 5 This probe is only recommended for single-phase process sampling.

NOTE 6 For fast loop service the probe size and if necessary the branch connection, may be increased to meet loop flow requirements.

NOTE 7 Care should be taken with the design of the probe to ensure it will not fail due to resonance effects.

Annexe B

Détermination de la longueur des sondes de mesure

B.1 Introduction

Toute sonde plongée dans un fluide qui s'écoule risque de se tordre dans le sens de l'écoulement, sous l'effet de la force d'entraînement du fluide, et subir des vibrations perpendiculaires à l'écoulement du fait de l'apparition de tourbillons instables.

Il est possible de calculer les contraintes de flexion à partir des dimensions de la sonde, des propriétés de son matériau, de la vitesse et de la densité du fluide. Dans la pratique, ces calculs ne sont pas nécessaires lorsque la sonde est conçue en vue de résister aux effets des tourbillons instables (voir également B.3.3 et B.3.4 ci-dessous).

Dans tous les travaux de conception, les vibrations provoquées par l'apparition de tourbillons instables représentent le facteur principal. Il faut également veiller à concevoir la sonde de façon à éviter qu'elle ne puisse être perturbée par les effets de résonance. Si les conditions permettant à la sonde de vibrer à sa fréquence propre sont réunies, elle risque de rompre à l'endroit où le tube est soudé sur la bride.

C'est pourquoi les sondes de mesure doivent toutes être étudiées sous ce point de vue et leur longueur déterminée en conséquence.

Se reporter au chapitre 8.2 «Automatic Sampling of Petroleum Products» traitant de l'échantillonnage automatique des produits pétroliers, du document API Manual of Petroleum Measurement Standards (ANSI/ASTM D4177).

B.2 Théorie concernant l'apparition des tourbillons instables

Lorsqu'un fluide s'écoule dans une canalisation où des protubérances cylindriques sont présentes (sonde de mesure), des tourbillons se forment des deux côtés du cylindre. Lorsque la vitesse du fluide augmente, et donc le nombre de Reynolds, la dimension des tourbillons s'accroît, ils s'allongent et finissent par se détacher, d'abord d'un côté du cylindre, puis de l'autre. Lorsqu'un tourbillon se détache, un autre se forme aussitôt. Ce phénomène est appelé «apparition de tourbillons instables» et la fréquence à laquelle il se produit la «fréquence de régénération des tourbillons».

Lorsque ces tourbillons se forment, le cylindre est soumis à des forces d'entraînement transversales par rapport à l'écoulement du fluide. Etant donné que les tourbillons opposés sont de signe opposé, le cylindre est exposé à une force transversale périodique. Des expériences ont montré que le cylindre commence à vibrer lorsque la «fréquence de régénération des tourbillons» est égale à la fréquence propre du cylindre. Les oscillations continuent de se produire à des vitesses supérieures à celle qui provoque la mise en phase des fréquences, vitesses pouvant atteindre au maximum deux fois la vitesse de déclenchement du phénomène. Cette vitesse dépend de l'amortissement mécanique. Lorsque l'amortissement est élevé, la plage des vitesses sensibles devient très étroite.

Les dérivations ci-après prennent pour hypothèse que le diamètre de la sonde est constant et que son poids se répartit uniformément sur sa longueur. Il arrive cependant que sur certaines sondes le poids se concentre à proximité de leur extrémité. Si tel est le cas, il est conseillé d'utiliser une sonde plus courte que la longueur calculée.

Annex B

Determination of sample probe lengths

B.1 Introduction

A probe in flowing fluid is subject to bending in the direction of flow caused by fluid drag and to vibration at right angles to the flow caused by vortex shedding.

Bending stress can be calculated from the probe dimensions, probe material properties, fluid velocity and density. In practice this calculation is not necessary, provided the probe is designed to accommodate the vortex shedding effect (see B.3.3 and B.3.4 below).

For all practical designs the vibration effect due to vortex shedding is the dominant factor. Care has to be taken to ensure the probe is designed to avoid the possibility of failure due to resonance effects. If conditions allow the probe to oscillate at its natural frequency it will be liable to snap off where the tube is welded into the flange.

All sample probes, therefore, must be examined from this aspect and the length determined accordingly.

Reference is made to API Manual of Petroleum Measurement Standards – Chapter 8.2 Automatic Sampling of Petroleum Products (ANSI/ASTM D4177).

B.2 Vortex shedding theory

When a fluid flows past a cylindrical projection (sample probe) in a pipeline vortices form at either side of the cylinder. As the fluid velocity and hence Reynolds number increases, the vortices grow in size, elongate and eventually detach, first from one side of the cylinder and then from the other. As soon as one vortex detaches another one is created. This phenomenon is called "vortex shedding" and the frequency at which this occurs is called the "shed frequency".

In developing these vortices the cylinder experiences drag forces in a direction transverse to the fluid flow. Since the alternate vortices are of opposite sign the cylinder is subject to a periodic transverse force. It has been found experimentally that the cylinder will start to oscillate when the "shed frequency" equals the natural frequency of the cylinder. Also the oscillations will continue at velocities beyond the one causing agreement of frequencies up to a maximum of twice the initiating velocity. This velocity depends on the mechanical damping and for increased damping the range of sensitive velocities becomes very small.

The following derivations assume a constant probe diameter with the probe weight uniformly distributed along its length. However, some probes may have their weight concentrated near the end and, in these cases, it is advised that a shorter probe length than that calculated is used.

Il convient également de prendre en compte le fait que la longueur calculée pour la sonde entre son extrémité et son support est toujours supérieure à la longueur de la partie qui dépasse dans la canalisation. Cet élément contribue à ajouter un facteur de sécurité dans les calculs des contraintes de flexion, puisque la sonde n'est pas exposée sur toute sa longueur à la vitesse du fluide qui s'écoule, mais cela n'a aucun effet sur les calculs de l'apparition de tourbillons instables.

B.3 Calculs

B.3.1 Fréquence propre

La fréquence propre (f_n) du cylindre exprimée en hertz (cycles par seconde = s^{-1}) se calcule à l'aide de l'équation ci-après:

$$f_n = F_m \frac{A}{2\pi} \sqrt{\frac{Elg}{W_c L^4}} \quad (B.1)$$

où

E est le module d'élasticité (kgf/cm²);

I est le moment d'inertie sur un diamètre (cm⁴);

g est la constante de gravité de la conversion (kilogramme (kgm) en kilogramme-force (kgf)) (981 cm/s²);

L est la longueur du cylindre (cm);

W_c est la masse par unité de longueur (kgm/cm);

A est la constante pour chaque mode de vibration, selon tableau suivant:

Mode n°	1	2	3	4
A	3,52	22,4	61,7	121

F_m est le facteur de masse virtuelle (constante qui tient compte du poids supplémentaire du cylindre du fait du fluide qui l'entoure et qui vibre avec lui). Pour un gaz, $F_m = 1$; pour l'eau et les autres liquides, $F_m = 0,9$.

Seul le premier mode est utile pour les sondes courtes.

La formule devient donc:

$$f_n = F_m \times \frac{0,56}{L^2} \sqrt{\frac{Elg}{W_c}} \quad (B.2)$$

En exprimant les diamètres des sondes en millimètres et la densité du matériau en kgm/m³, on obtient:

$$W_c = \frac{\rho V}{L} = \frac{\rho A_p L}{L} = \rho A_p = \frac{\rho \pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times 10^{-8} \text{ kg/cm}$$

et

$$I = \frac{\pi}{64} \times (d_o^4 - d_i^4) = \frac{\pi}{64} \times (d_o^2 - d_i^2) \times (d_o^2 + d_i^2) \times 10^{-4} \text{ cm}^4$$

où

A_p est la section transversale de la sonde (mm²);

It should also be noted that the calculated length of the probe from tip to support is always longer than the insertion length into the pipe. This will add a factor of safety for bending stress calculations as the entire length of the probe is not subject to the flowing fluid velocity but does not influence the vortex shedding calculations.

B.3 Calculations

B.3.1 Natural frequency

The natural frequency (f_n) of a cylinder in hertz (cycles per second = s^{-1}) is given by:

$$f_n = F_m \frac{A}{2\pi} \sqrt{\frac{Elg}{W_c L^4}} \quad (B.1)$$

where

E is the modulus of elasticity (kgf/cm²);

I is the moment of Inertia about a diameter (cm⁴);

g is the gravitational constant of conversion of kilogram-metre (kgm) to kilogram-force (kgf) (981 cm/s²);

L is the length of cylinder (cm);

W_c is the mass per unit length (kgm/cm);

A is the constant for each mode of vibration as per the following table:

Mode No.	1	2	3	4
A	3,52	22,4	61,7	121

F_m is the virtual mass factor – a constant to take account of the extra mass of the cylinder due to the fluid surrounding the cylinder and vibrating with it. For a gas $F_m = 1$, for water and other liquids $F_m = 0,9$.

For short probes usually only the first mode is of any significance.

The formula therefore becomes:

$$f_n = F_m \times \frac{0,56}{L^2} \sqrt{\frac{Elg}{W_c}} \quad (B.2)$$

Expressing probe diameters in millimetres and material density in kgm/m³ we get:

$$W_c = \frac{\rho V}{L} = \frac{\rho A_p L}{L} = \rho A_p = \frac{\rho \pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times 10^{-8} \text{ kg/cm}$$

and

$$I = \frac{\pi}{64} \times (d_o^4 - d_i^4) = \frac{\pi}{64} \times (d_o^2 - d_i^2) \times (d_o^2 + d_i^2) \times 10^{-4} \text{ cm}^4$$

where

A_p is the cross-sectional area of probe (mm²);

d_o est le diamètre extérieur de la sonde (mm);
 d_i est le diamètre intérieur de la sonde (mm).

En exprimant la longueur de la sonde, L , en millimètres et en substituant I et W_c , on obtient:

$$\begin{aligned} f_n &= F_m \times \frac{0,56}{L^2} \times 10^2 \sqrt{\frac{E \times \frac{\pi}{64} \times (d_o^2 - d_i^2) \times (d_o^2 + d_i^2) \times g \times 10^{-4}}{\rho \times \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times 10^{-8}}} \\ &= F_m \times \frac{0,56}{L^2} \times 10^4 \sqrt{\frac{E}{\rho} \times \frac{981}{16} \times (d_o^2 + d_i^2)} \\ &= F_m \times \frac{4,38 \times 10^4}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho} \times (d_o^2 + d_i^2)} \end{aligned} \quad (B.3)$$

où

E est le module d'élasticité du matériau de la sonde (kgf/cm²);
 ρ est la densité du matériau de la sonde (kgm/m³);
 d_o est le diamètre extérieur de la sonde (mm);
 d_i est le diamètre intérieur de la sonde (mm);
 L est la longueur de la sonde (mm).

B.3.2 Fréquence de régénération des tourbillons

La fréquence de régénération des tourbillons (f_s) du cylindre se calcule à l'aide de l'équation suivante:

$$f_s = \frac{S \times V}{D} \times 1\,000 \quad (B.4)$$

où

V est la vitesse du fluide par rapport au cylindre (m/s);
 D est la longueur projetée du cylindre dans le sens de l'écoulement, peut être utilisée comme son diamètre (mm);
 S est le nombre de Strouhal.

Le nombre de Strouhal est un nombre sans dimension, défini par la modification de l'équation (B.4). Il est fonction du nombre de Reynolds, de la forme du cylindre et de l'influence des effets d'extrémité. Selon la théorie classique, le nombre de Strouhal maximal est 0,198 pour les cylindres, mais dans la pratique, pour les constructions envisagées ici, sa valeur oscille entre 0,15 et 0,45. Un nombre acceptable pour les applications de sondes de mesure est 0,2, comme le suggère le chapitre 8.2 de l'API.

Si l'on met en équation les formules (B.3) et (B.4) pour obtenir (L_v), on peut calculer la longueur autorisée de la sonde pour laquelle la fréquence du détachement du tourbillon par rapport à la sonde ne dépasse pas la fréquence propre du cylindre, comme suit:

$$L_v^2 = \frac{F_m \times 4,38 \times d_o \times 10}{S \times V} \sqrt{\frac{E}{\rho} \times (d_o^2 + d_i^2)} \quad (B.5)$$

d_o is the outside diameter of probe (mm);

d_i is the inside diameter of probe (mm).

Expressing probe length L also in millimetres and substituting for I and W_c we get:

$$\begin{aligned}
 f_n &= F_m \times \frac{0,56}{L^2} \times 10^2 \sqrt{\frac{E \times \frac{\pi}{64} \times (d_o^2 - d_i^2) \times (d_o^2 + d_i^2) \times g \times 10^{-4}}{\rho \times \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \times 10^{-8}}} \\
 &= F_m \times \frac{0,56}{L^2} \times 10^4 \sqrt{\frac{E}{\rho} \times \frac{981}{16} \times (d_o^2 + d_i^2)} \\
 &= F_m \times \frac{4,38 \times 10^4}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho} \times (d_o^2 + d_i^2)} \quad (B.3)
 \end{aligned}$$

where

E is the modulus of elasticity of probe material (kgf/cm²);

ρ is the density of probe material (kgm/m³);

d_o is the outside diameter of probe (mm);

d_i is the inside diameter of probe (mm);

L is the probe length (mm).

B.3.2 Shed frequency

The shed frequency (f_s) of a cylinder is given by:

$$f_s = \frac{S \times V}{D} \times 1\,000 \quad (B.4)$$

where

V is the velocity of the fluid relative to the cylinder (m/s);

D is the projected depth of the cylinder in the direction of flow and may be taken as its diameter (mm);

S is the Strouhal number.

The Strouhal number is a none dimensional number defined by re-arrangement of equation (B.4). It is dependent on the Reynolds number, shape of the cylinder and influence of end effects. Classical theory would indicate that the maximum Strouhal number is 0,198 for cylinders but practical values for the type of construction considered here can vary between 0,15 and 0,45. An acceptable number for sample probe applications can be taken as 0,2 as suggested by API chapter 8.2.

By equating these two formulae (B.3) and (B.4) and solving for (L_v) the permissible probe length to ensure the frequency induced by the vortex detachment from the probe does not exceed the natural frequency of the pocket may be determined from:

$$L_v^2 = \frac{F_m \times 4,38 \times d_o \times 10}{S \times V} \sqrt{\frac{E}{\rho} \times (d_o^2 + d_i^2)} \quad (B.5)$$

où

- L_v est la longueur autorisée de la sonde, compte tenu des contraintes liées à l'apparition de tourbillons instables (mm);
- d_o est le diamètre extérieur de la sonde (mm);
- d_i est le diamètre intérieur de la sonde (mm);
- V est la vitesse du fluide (m/s);
- E est le module d'élasticité du matériau de la sonde (kgf/cm²);
- ρ est la densité du matériau de la sonde (kgm/m³).

Si l'on pose les hypothèses suivantes:

- facteur de masse virtuelle de 0,9, qui représente le cas le plus défavorable, par exemple pour les liquides;
- sondes 'courtes', donc mode de vibration 1 uniquement;
- nombre de Strouhal = 0,2;
- utilisation des vitesses de débit théoriques maximales (V_m), ce qui équivaut à un Facteur de Sécurité de 20 % pour la vitesse du fluide, comme suggéré par le chapitre 8 de l'API,

on obtient la formule simplifiée suivante:

$$L_v^2 = \frac{164 \times d_o}{V_m} \sqrt{\frac{E \times (d_o^2 + d_i^2)}{\rho}} \quad (\text{B.6})$$

La longueur maximale admissible pour la sonde calculée sur la base des hypothèses ci-avant est inférieure de 10 % (pour les liquides) et de 15 % (pour les gaz) au maximum théorique. Le facteur de sécurité ainsi obtenu est acceptable, et permet une conception réalisable, notamment dans le cas de la conception de sondes rétractables.

B.3.3 Contrainte de flexion (sonde verticale)

On considère que la sonde est un tube circulaire de section uniforme, fixé perpendiculairement à l'écoulement.

En heurtant la sonde, le fluide en écoulement dans la canalisation crée un différentiel de pression ΔP proportionnel à la densité du fluide (ρ_f) et à la vitesse du fluide au carré (V_f^2).

La constante de la proportionnalité est constituée par un multiplicateur de 0,5 et par le coefficient de traînée (C_D). Si les nombres de Reynolds sont compris entre 2 000 et 200 000, le coefficient C_D varie entre environ 0,6 et 0,8 pour un cylindre fini dont le rapport longueur sur largeur est de 5. En revanche, si ce rapport augmente, le coefficient de traînée augmente pour se rapprocher de celui d'un cylindre infini, et varie entre 0,9 et 1,5. Le fait que le coefficient de traînée soit plus faible pour un cylindre fini est dû aux effets d'extrémité qui tendent à réduire la pression du côté amont et à l'augmenter du côté aval.

Pour ces calculs, les conditions les plus défavorables sont utilisées, c'est-à-dire un coefficient de traînée de 1,5 qui donnera une bonne indication des calculs de contrainte de flexion à la vitesse du fluide V_f , et ce même pour des sondes longues et fines, telles que celles que l'on peut rencontrer dans les canalisations de large diamètre.

$$\Delta P = C_D \times \frac{0,5 \rho_f V_f^2}{g}$$

where

L_v is the permissible probe length constrained by vortex shedding (mm);

d_o is the outside diameter of probe (mm);

d_i is the inside diameter of probe (mm);

V is the velocity of fluid (m/s);

E is the modulus of elasticity of probe material (kgf/cm²);

ρ is the density of probe material (kgm/m³).

Using the following assumptions:

- a virtual mass factor of 0,9 which is the worst case, i.e. for liquid;
- that the probes are "short" and vibrate in only the first mode;
- a Strouhal number of 0,2;
- using maximum design flow velocities (V_m) equating to a minimum of a 20 % factor of safety on the fluid velocity as suggested in API chapter 8,

the formula simplifies to:

$$L_v^2 = \frac{164 \times d_o}{V_m} \sqrt{\frac{E \times (d_o^2 + d_i^2)}{\rho}} \quad (\text{B.6})$$

The resulting maximum permissible sample probe length using the above assumptions will be 10 % less (for liquid applications) and 15 % (less for gas applications) than the theoretical maximum. This gives an acceptable factor of safety whilst maintaining a practical design capability especially when considering retractable probe designs.

B.3.3 Bending stress (probe vertical)

Consider the probe as a uniform circular section tube mounted normal to the flow.

The flowing pipeline fluid striking the probe creates a pressure difference ΔP proportional to the density of the fluid (ρ_f) and the fluid velocity squared (V^2).

The constant of proportionality is effectively made up of a multiplier 0,5 and the drag coefficient (C_D). For Reynolds numbers above 2 000 up to 200 000 C_D varies between say 0,6 and 0,8 for a finite cylinder of length to breadth ratio of 5 but as the length to breadth ratio increases the drag coefficient increases towards that of an infinite cylinder which varies between 0,9 and 1,5. The lower drag coefficient for a finite cylinder is due to end effects which tend to reduce the pressure on the upstream side and increase it on the downstream side.

For the purposes of these calculations the worst case will be used, i.e. a drag coefficient of 1,5 which will give an adequate indication of bending stress calculations – even for long slender probes such as those that might be encountered in large diameter pipelines – at the fluid velocity V_f .

$$\Delta P = C_D \times \frac{0,5 \rho_f V_f^2}{g}$$

Substitution de $C_D = 1,5$

$$\Delta P = 7,5 \times \frac{\rho_f V_f^2}{g} \times 10^{-3} \quad (\text{B.7})$$

où

ΔP est le différentiel de pression sur la sonde (kgf/cm²);

ρ_f est la densité du fluide (kgm/m³);

V_f est la vitesse d'écoulement du fluide (m/s);

g est la constante de gravité de la conversion en kilogrammètre (kgm) en kilogramme-force (kgf) (981 cm/s²).

La force d'entraînement (F) qui s'exerce sur la sonde est le produit de cette pression et de l'aire (A) exposée à l'écoulement et est appliquée à angle droit par rapport à l'écoulement. La force (F) est répartie uniformément sur toute la surface exposée, qui peut se définir comme rLd_0 , où (r) est la fraction décimale de la longueur exposée sur la longueur totale non soutenue de la sonde, (d_0) est le diamètre extérieur de la sonde et (L) la longueur non soutenue de la sonde.

Pour calculer le moment de flexion au niveau du support de la sonde, la force distribuée peut être considérée comme une charge ponctuelle agissant sur le centre de la longueur exposée (rL) de la sonde. Le moment de flexion (M) au niveau du point du support de la sonde dû à l'action du fluide sur la sonde se calcule comme suit:

$$M = 7,5 \times \frac{\rho_f V_f^2}{g} \times rLd_0 \times (L - 0,5rL) \times 10^{-6} \quad (\text{B.8})$$

où

M est le moment de flexion au niveau du support de la sonde (kgf/cm);

d_0 est le diamètre extérieur de la sonde (mm);

L est la longueur non soutenue de la sonde (mm);

r est la fraction décimale de la section exposée de la sonde sur la longueur non soutenue de la sonde.

La contrainte de flexion due à l'écoulement (σ_f) se calcule en divisant le moment de flexion par le module de section (Z) de la sonde.

$$\sigma_f = \frac{M}{Z}$$

En remplaçant M dans (B.7) et Z pour une section tubulaire, on obtient:

$$\sigma_f = \frac{7,5 \times \frac{\rho_f V_f^2}{g} \times rLd_0 \times (L - 0,5rL)}{0,098 \left(\frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o} \right)} \times 10^{-3} \quad (\text{B.9})$$

où

σ_f est la contrainte de flexion due à l'écoulement au niveau du support de la sonde (kgf/cm²);

d_i est le diamètre intérieur de la sonde (mm).

Substituting for $C_D = 1,5$

$$\Delta P = 7,5 \times \frac{\rho_f V_f^2}{g} \times 10^{-3} \quad (\text{B.7})$$

where

ΔP is the differential pressure across the probe (kgf/cm²);

ρ_f is the density of the fluid (kgm/m³);

V_f is the fluid flow velocity (m/s);

g is the gravitational constant of conversion of kilogram-metre (kgm) to kilogram-force (kgf) (981 cm/s²).

The drag force (F) acting on the probe is the product of this pressure and the area (A) exposed to the flow and is at right angles to the flow. The force (F) is distributed uniformly over the whole of the exposed area which can be defined as rLd_o where (r) is the decimal fraction of the exposed length to the total unsupported length of the probe, (d_o) is the outside diameter of the probe and (L) is the unsupported length of the probe.

To calculate the bending moment about the probe support the distributed force can be taken as a point load acting at the mid point of the exposed length (rL) of the probe. The bending moment (M) about the point of support of the probe due to the action of the fluid on the probe is given by:

$$M = 7,5 \times \frac{\rho_f V_f^2}{g} \times rLd_o \times (L - 0,5rL) \times 10^{-6} \quad (\text{B.8})$$

where

M is the bending moment at probe support (kgf/cm);

d_o is the outside diameter of probe (mm);

L is the unsupported probe length (mm);

r is the decimal fraction of exposed section of probe to unsupported length.

The flow induced bending stress (σ_f) is calculated as the bending moment divided by the section modulus (Z) for the probe.

$$\sigma_f = \frac{M}{Z}$$

Substituting for M from (B.7) and Z for a tubular section we get:

$$\sigma_f = \frac{7,5 \times \frac{\rho_f V_f^2}{g} \times rLd_o \times (L - 0,5rL)}{0,098 \left(\frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o} \right)} \times 10^{-3} \quad (\text{B.9})$$

where

σ_f is the flow induced bending stress at probe support (kgf/cm²);

d_i is the inside diameter of probe (mm).

Pour trouver la longueur maximale non soutenue de la sonde, la contrainte de flexion, qui ne doit pas être dépassée, correspond à la limite d'élasticité (ou proportionnelle) du matériau (σ_e). En modifiant l'équation (B.9) pour calculer L_{bf} , on obtient:

$$L_{bf} = \frac{113,22}{V_f \times d_o} \sqrt{\frac{\sigma_e \times (d_o^4 - d_i^4)}{\rho_f \times r(1 - 0,5r)}} \quad (B.10)$$

où

L_{bf} est la longueur maximale non soutenue de la sonde pour la flexion due à l'écoulement (mm);

σ_e est la limite d'élasticité du matériau de la sonde (kgf/cm²).

Afin de démontrer que le critère de l'apparition de tourbillons instables dans la conception prédomine sur les plages de vitesse du fluide dans la pratique, il est possible de comparer les équations L_v et L_{bf} (B.6) et (B.10) pour le tourbillon instable et la flexion, dans les conditions les plus défavorables, afin de déterminer à quelle vitesse théorique maximale du fluide les contraintes de flexion risquent de commencer à dépasser la limite d'élasticité du matériau de la sonde.

Selon l'équation (B.10), les conditions les plus défavorables pour la longueur maximale autorisée de la sonde sous contrainte de flexion correspondent à la longueur exposée totale de la sonde, c'est-à-dire $r = 1$ et à une section de sonde solide, à savoir $d_i = 0$.

Selon l'équation (B.6), les conditions les plus défavorables pour la longueur maximale autorisée de la sonde sous l'effet de l'apparition de tourbillons instables correspondent au cas où le diamètre intérieur de la sonde devient égal au diamètre extérieur, c'est-à-dire $d_i = d_o$.

Si l'on remplace V_m par V_f dans l'équation B.6 et que l'on utilise les grandeurs extrêmes théoriques ci-dessus avec un matériau de sonde au minimum de la limite d'élasticité, soit 2 400 kgf/cm² (valeur type pour les aciers au carbone), un module de Young E de 2×10^6 kgf/cm² et une densité de 7 500 kgm/m³ donnent les exemples suivants avec de l'eau (1 000 kgm/m³), de l'air à la pression atmosphérique (1,29 kgm/m³) et de l'air à 200 bar absolu (258 kgm/m³).

Longueur max. de la sonde	Eau	Air à 1 bar abs.	Air à 200 bar abs.
Tourbillons instables (L_v)	$\frac{61,5 \times d_o}{\sqrt{V_f}}$	$\frac{61,5 \times d_o}{\sqrt{V_f}}$	$\frac{61,5 \times d_o}{\sqrt{V_f}}$
Flexion (L_{bf})	$\frac{248,1 \times d_o}{V_f}$	$\frac{6,906 \times d_o}{V_f}$	$\frac{488,4 \times d_o}{V_f}$
V_f pour $L_v/L_{bf} \geq 1$	16 m/s	12,610 m/s	63 m/s

Il apparaît clairement que les vitesses du fluide dépassent les valeurs maximales normales pour l'écoulement dans la canalisation bien avant que les équations de contrainte de flexion ne commencent à dominer dans la conception de la sonde de mesure, même dans des conditions extrêmes. Si les vitesses maximales théoriques pour l'écoulement (V_m) sont inférieures à celles du tableau, les calculs de l'apparition de tourbillons instables limitent la longueur maximale de la sonde.

To find the maximum unsupported probe length the bending stress which must not be exceeded is the elastic (or proportional) limit of the material (σ_e). Re-arranging equation (B.9) to find L_{bf} we get:

$$L_{bf} = \frac{113,22}{V_f \times d_o} \sqrt{\frac{\sigma_e \times (d_o^4 - d_i^4)}{\rho_f \times r(1 - 0,5r)}} \quad (\text{B.10})$$

where

L_{bf} is the maximum unsupported probe length for flow induced bending (mm);

σ_e is the elastic limit of the probe material (kgf/cm²).

To demonstrate that the vortex shedding design criteria dominates over the practical fluid velocity ranges the L_v and L_{bf} equations (B.6) and (B.10) for both vortex shedding and bending can be compared in a worst case scenario to find at which theoretical maximum design fluid velocity bending stresses would start to exceed the probe material elastic limit.

The worst case giving the maximum length of probe allowable for bending stress criteria, by inspection of equation (B.10), is with the whole of the probe exposed i.e. $r = 1$ and that the probe section is in fact solid i.e. $d_i = 0$.

The worst case giving the maximum length of probe allowable with vortex shedding criteria, by inspection of equation (B.6), is when the internal diameter of the probe becomes equal to the external diameter i.e. $d_i = d_o$.

Replacing V_m by V_f in equation (B.6) and using the above theoretical extremes with a probe material with a minimum elastic limit of 2 400 kgf/cm² (typical of carbon steels), a Young's modulus E of 2×10^6 kgf/cm² and a density of 7 500 kgm/m³ gives the following examples with water (1 000 kgm/m³), air at atmospheric pressure (1,29 kgm/m³) and air at 200 bar (258 kgm/m³).

Maximum probe length	Water	Air at 1 bar abs.	Air at 200 bar abs.
Vortex shedding (L_v)	$\frac{61,5 \times d_o}{\sqrt{V_f}}$	$\frac{61,5 \times d_o}{\sqrt{V_f}}$	$\frac{61,5 \times d_o}{\sqrt{V_f}}$
Bending (L_{bf})	$\frac{248,1 \times d_o}{V_f}$	$\frac{6,906 \times d_o}{V_f}$	$\frac{488,4 \times d_o}{V_f}$
V_f for $L_v/L_{bf} \geq 1$	16 m/s	12,610 m/s	63 m/s

It can be seen that fluid velocities exceed normal practical maximum pipeline flow design values well before bending stress equations start to dominate in sample probe design, even under extreme conditions. For maximum design flow velocities (V_m) below those shown in the table, the vortex shedding calculations limit the probe maximum length.

B.3.4 Contrainte de flexion (sonde horizontale)

Il est possible d'appliquer les calculs ci-dessus à une sonde montée horizontalement. Cependant, il faut tenir compte de la contrainte de flexion supplémentaire, due au poids de la sonde proprement dite. Cet élément est très important lorsque l'écoulement du fluide se fait perpendiculairement au poids de la sonde.

Le moment de flexion au niveau du support de la sonde du fait du poids du matériau est donc:

$$M = \frac{\rho g L}{g} \times \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)}{4} \times \frac{L}{2} \times 10^{-10} \quad (\text{B.11})$$

où

- M est le moment de flexion au niveau du support de la sonde (kgf/cm);
- ρ est la densité du matériau de la sonde (kgm/m³);
- d_o est le diamètre extérieur de la sonde (mm);
- d_i est le diamètre intérieur de la sonde (mm);
- L est la longueur non soutenue de la sonde (mm);
- g est la constante de gravité de la conversion kilogramme mètres (kgm) en kilogramme-force (kgf) (981 cm/s²).

La contrainte de flexion due au poids au niveau du support de la sonde du fait du poids de son matériau se calcule comme suit:

$$\sigma_w = \frac{\rho L \times \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)}{4} \times \frac{L}{2} \times 10^{-7}}{0,098 \left(\frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o} \right)} \quad (\text{B.12})$$

où σ_w est la contrainte de flexion due au poids au niveau du support de la sonde (kgf/cm²).

Si l'on pose l'hypothèse que la sonde est conçue pour résister à l'apparition de tourbillons instables, il est possible d'utiliser les dimensions obtenues pour la sonde en vue de calculer la vitesse du fluide à laquelle la limite d'élasticité du matériau sera dépassée. Pour ce faire, on peut substituer les dimensions de la sonde, les propriétés du matériau et les propriétés du fluide dans les équations (B.9) et (B.12). Pour trouver la vitesse maximale du fluide que la sonde peut supporter lorsqu'elle est montée horizontalement, il est possible de mettre en équation la contrainte de la limite d'élasticité du matériau et la somme des contraintes dues au poids et à l'écoulement.

Par conséquent, et comme précédemment, si l'on pose les conditions les plus défavorables où toute la sonde solide est exposée à la flexion ($d_i = 0$), la contrainte de flexion combinée totale au niveau du support de la sonde à la vitesse du fluide V_f correspond à:

$$\sigma_t = \frac{L^2 \times 10^{-7}}{d_o^2} \left[(4,007 \times d_o \times \rho) + (390 \times \rho_f \times V_f^2) \right] \quad (\text{B.13})$$

où σ_t est la contrainte de flexion totale au niveau du support de la sonde (kgf/cm²).

Pour résoudre cette équation pour la vitesse maximale autorisée, il faut connaître la longueur de la sonde.

B.3.4 Bending stress (probe horizontal)

The above calculations can be applied to a horizontally mounted probe but account has to be made of the additional bending stress due to the weight of the probe itself. This will be most significant when the fluid flow is acting in the direction perpendicular to the weight of the probe.

The bending moment at the probe support due to weight of material will be:

$$M = \frac{\rho g L}{g} \times \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)}{4} \times \frac{L}{2} \times 10^{-10} \quad (\text{B.11})$$

where

- M is the bending moment at probe support (kgf/cm);
- ρ is the density of the probe material (kgm/m³);
- d_o is the outside diameter of probe (mm);
- d_i is the inside diameter of probe (mm);
- L is the unsupported probe length (mm);
- g is the gravitational constant of conversion of kilogram-meter (kgm) to kilogram-force (kgf) (981 cm/s²).

The weight induced bending stress at the probe support due to the weight of the probe material will be:

$$\sigma_w = \frac{\rho L \times \frac{\pi(d_o^2 - d_i^2)}{4} \times \frac{L}{2} \times 10^{-7}}{0,098 \left(\frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o} \right)} \quad (\text{B.12})$$

where σ_w is the weight induced bending stress at probe support (kgf/cm²).

Assuming that the probe is designed for vortex shedding we can use the resulting probe dimensions to calculate the fluid velocity where the elastic limit of the material will be exceeded. This can be done by substituting the probe dimensions, material properties and fluid properties into equations (B.9) and (B.12). To find the maximum fluid velocity that the probe can withstand when mounted horizontally we can equate the elastic limit stress of the material to the sum of the flow and weight induced stresses.

Therefore and, as before, assuming worst case conditions of a fully exposed solid probe for bending ($d_i = 0$), the total combined bending stress at the probe support for a fluid velocity V_f will be:

$$\sigma_t = \frac{L^2 \times 10^{-7}}{d_o^2} \left[(4,007 \times d_o \times \rho) + (390 \times \rho_f \times V_f^2) \right] \quad (\text{B.13})$$

where σ_t is the total bending stress at probe support (kgf/cm²).

To solve this equation for the maximum allowable velocity we need to know the probe length.

L'équation (B.6) permet de calculer la longueur d'une sonde conçue pour la contrainte de tourbillon emporté par le courant. Si l'on utilise, pour cet exemple, un débit dont la vitesse maximale théorique pour l'écoulement V_m est de l'ordre de 5 m/s et si, comme précédemment, on prend le module de Young à 2×10^6 kgf/cm², une densité de matériau de 7 500 kgm/m³ et la pire condition représentée par le cylindre infiniment fin ($d_i = d_o$), on obtient:

$$L_v = 27,5 \times d_o$$

Si l'on utilise de l'eau (densité de 1 000 kgm/m³) comme liquide en écoulement, que l'on substitue L dans l'équation (B.13) et que l'on met en équation σ_t et la limite d'élasticité du matériau σ_e , il est possible de calculer la vitesse du fluide à laquelle la contrainte de flexion combinée devient critique, comme suit:

$$V_f = \sqrt{81,37 - 0,0771 \times d_o}$$

La vitesse maximale du fluide ainsi obtenue est comprise entre 8,8 m/s et 9 m/s pour des sondes d'un diamètre extérieur maximal de 50 mm.

De la même façon, pour les exemples d'écoulement d'air (densité de 1,29 kgm/m³ à 1 bar absolu et de 258 kgm/m³ à 200 bar absolu), on pourrait avoir des vitesses théoriques maximales type de 100 m/s au maximum à la pression atmosphérique (applications d'écoulement de gaz de combustion) et de 30 m/s au maximum à haute pression, ce qui donne les vitesses d'écoulement maximales respectives de 690 m/s et de 43 m/s, compte tenu de la contrainte de flexion combinée.

Dans tous les cas, si la longueur de la sonde est conçue pour satisfaire aux critères de tourbillon emporté par le courant, la vitesse maximale admissible est plus faible avec une sonde horizontale. Cependant, même ainsi, elle ne risque pas de rompre sous la flexion, si le débit du fluide ne dépasse pas les valeurs maximales théoriques.

For a probe designed to the vortex shedding constraint the length of this probe is given by equation (B.6). Using, for this example, a liquid flow with a typical maximum design fluid flow velocity V_m of around 5 m/s and, as before, taking Young's modulus as 2×10^6 kgf/cm², a material density of 7 500 kgm/m³ and a worst case of the infinitely thin cylinder ($d_i = d_o$) this gives:

$$L_v = 27,5 \times d_o$$

Using water (density of 1 000 kgm/m³) as the flowing fluid, substituting for L in equation (B.13) and equating σ_t to the material elastic limit σ_e we can find the fluid velocity at which the combined bending stress becomes critical:

$$V_f = \sqrt{81,37 - 0,0771 \times d_o}$$

This gives a maximum fluid velocity between 8,8 m/s and 9 m/s for probes up to 50 mm outside diameter.

Similarly for the air flow examples (density of 1,29 kgm/m³ at 1 bar absolute and 258 kgm/m³ at 200 bar absolute) we could have typical maximum design velocities up to 100 m/s at atmospheric pressure (flare gas flow applications) and up to 30 m/s at high pressure giving corresponding maximum flow velocities, constrained by the combined bending stress, of 690 m/s and 43 m/s.

In all cases, if the probe length is designed to satisfy the vortex shedding criteria, the horizontal orientation results in lower maximum tolerable velocity but even so it will not be subject to failure by bending if fluid flow rates do not exceed their design maximum values.

Annexe C

Calculs concernant le système d'échantillonnage

C.1 Délai et baisse de pression dans les tubes d'échantillon

C.1.1 Introduction

Le nomogramme (voir article C.4) offre une solution graphique pour trouver le délai et la baisse de pression dans les tubes d'échantillon. Les formules élémentaires suivantes (exprimées en unités SI) sont utilisées.

C.1.2 Baisse de pression

$$\Delta P = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho v^2}{2}$$

C.1.3 Vitesse d'écoulement

Flux laminaire

$$v = \frac{\Delta P}{L} \times \frac{1}{\rho} \times d \times \frac{2d}{64\nu}$$

ou flux turbulent

$$v = \sqrt{\frac{\Delta P}{L} \times \frac{1}{\rho} \times d \times \frac{2}{\lambda}}$$

Flux laminaire

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

ou flux turbulent

λ est une fonction de v , d , ν et de la rugosité relative de la canalisation.

Valeur pratique pour $\lambda = 0,032$

C.1.4 Délai

Le délai est l'inverse de la vitesse d'écoulement.

C.1.5 Nomenclature

Symboles	Quantité	Unités usuelles	En unités SI	Multiplié par
ΔP	Baisse de pression	mbar	N/m ²	10 ²
L	Longueur	m	m	
d	Diamètre intérieur	mm	m	10 ⁻³
ρ	Densité	kg/dm ³	kg/m ³	10 ³
ν	Vitesse d'écoulement	m/s	m/s	
η	Viscosité absolue	cP	Ns/m ²	10 ⁻³
ν	Viscosité cinétique	cSt	m ² /s	10 ⁻⁶
λ	Coefficient de frottement			

Annex C

Sample system calculations

C.1 Lag time and pressure drop in sampling lines

C.1.1 Introduction

The nomograph (see clause C.4) gives a graphical solution for finding lag time and pressure drop in sampling lines. The following basic formulae in SI units are used.

C.1.2 Pressure drop

$$\Delta P = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{\rho v^2}{2}$$

C.1.3 Flow velocity

for laminar flow

$$v = \frac{\Delta P}{L} \times \frac{1}{\rho} \times d \times \frac{2d}{64\nu}$$

or turbulent flow

$$v = \sqrt{\frac{\Delta P}{L} \times \frac{1}{\rho} \times d \times \frac{2}{\lambda}}$$

for laminar flow

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

or turbulent flow

λ is a function of v , d , ν and the relative roughness of the pipe.

A practical value for $\lambda = 0,032$

C.1.4 Lag time

Lag time is the reciprocal of flow velocity.

C.1.5 Nomenclature

Symbols	Quantity	Customary unit	To SI unit	Multiply by
ΔP	Pressure drop	mbar	N/m ²	10 ²
L	Length	m	m	
d	Interior diameter	mm	m	10 ⁻³
ρ	Density	kg/dm ³	kg/m ³	10 ³
v	Flow velocity	m/s	m/s	
η	Absolute viscosity	cP	Ns/m ²	10 ⁻³
ν	Kinetic viscosity	cSt	m ² /s	10 ⁻⁶
λ	friction factor			

T	Délai	s/m	s/m	
Q	Débit volumétrique	m ³ /h	m ³ /s	$2,78 \times 10^{-4}$
Re	Nombre de Reynolds			

NOTE kg/dm³ = g/cm³; N/m² = Pa

C.1.6 Solution graphique

Pour obtenir la vitesse de l'échantillon et le délai dans un tube d'échantillon dans les conditions suivantes:

- | | |
|---|---|
| <p>I) $\Delta P/L = 33 \text{ mbar/m}$</p> <p>$\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$</p> <p>$d = 13,8 \text{ mm}$ (tuyau de type 80 1/2 in)</p> <p>$\nu = 40 \text{ cSt}$</p> | <p>II) $\Delta P/L = 33 \text{ mbar/m}$</p> <p>$\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$</p> <p>$d = 13,8 \text{ mm}$ (tuyau de type 80 1/2 in)</p> <p>$\nu = 10 \text{ cSt et } 1,0 \text{ cSt respectivement}$</p> |
|---|---|
- 1) Commencer à A pour $\Delta P/L = 33 \text{ mbar/m}$.
 - 2) Tirer une droite jusqu'en C passant par B pour $\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$.
 - 3) A partir de C, tirer une droite jusqu'en E passant par D1 pour $d = 13,8 \text{ mm}$.
 4. Projeter verticalement D2 pour que $d = 13,8 \text{ mm}$ coupe la droite de viscosité pour $\nu = 40 \text{ cSt}$.
 5. A partir du point d'intersection avec la droite de viscosité, projeter horizontalement en F1.
 6. A partir de E, tirer une droite passant par F1, et lorsqu'elle ne présente pas d'intersection avec une valeur pour $Re > 2\,000$, continuer la droite jusqu'en V1.
 7. $V1 = 0,63 \text{ m/s}$.
 8. Le délai s'obtient sur la graduation en face de la vitesse du flux et $T = 1,6 \text{ s/m}$.
- | | |
|--|---|
| <p>4. Projeter verticalement D2 pour que $d = 13,8 \text{ mm}$ coupe la droite de viscosité pour $\nu = 40 \text{ cSt}$.</p> <p>En l'absence d'intersection avec la droite de viscosité (dans l'exemple avec $\nu = 1,0 \text{ cSt}$), le flux est turbulent et il faut passer à 7.</p> <p>5. A partir du point d'intersection avec la droite de viscosité, projeter horizontalement en F2.</p> <p>6. A partir de E, tirer une droite passant par F2, et lorsqu'elle présente une intersection avec une valeur pour $Re > 2\,000$, le flux est turbulent et il faut passer à 7.</p> <p>7. Commencer à nouveau à partir de E et tirer une droite jusqu'en V2 = 2 m/s passant par $\lambda = 0,032$.</p> <p>8. Le délai s'obtient sur la graduation en face de la vitesse du flux et $T = 0,5 \text{ s/m}$.</p> | <p>4. Projeter verticalement D2 pour que $d = 13,8 \text{ mm}$ coupe la droite de viscosité pour respectivement $\nu = 10 \text{ cSt et } 1,0 \text{ cSt}$.</p> <p>En l'absence d'intersection avec la droite de viscosité (dans l'exemple avec $\nu = 1,0 \text{ cSt}$), le flux est turbulent et il faut passer à 7.</p> <p>5. A partir du point d'intersection avec la droite de viscosité (dans l'exemple avec $\nu = 10 \text{ cSt}$), projeter horizontalement en F2.</p> <p>6. A partir de E, tirer une droite passant par F2, et lorsqu'elle présente une intersection avec une valeur pour $Re > 2\,000$, le flux est turbulent et il faut passer à 7.</p> <p>7. Commencer à nouveau à partir de E et tirer une droite jusqu'en V2 = 2 m/s passant par $\lambda = 0,032$.</p> <p>8. Le délai s'obtient sur la graduation en face de la vitesse du flux et $T = 0,5 \text{ s/m}$.</p> |
|--|---|
- 9) Pour déterminer le débit volumétrique, démarrer de T1 ou T2 et tirer une droite passant par $d = 13,8 \text{ mm}$ jusqu'en Q1 = 0,35 m³/h et respectivement Q2 = 1,05 m³/h.

T	Lag time	s/m	s/m	
Q	Volume flow	m ³ /h	m ³ /s	$2,78 \times 10^{-4}$
Re	Reynolds number			

NOTE kg/dm³ = g/cm³; N/m² = Pa

C.1.6 Graphical solution

Obtain the sample velocity and lag time in a sampling line for the following conditions:

- | | |
|--|---|
| <p>I) $\Delta P/L = 33$ mbar/m</p> <p>$\rho = 0,8$ kg/dm³</p> <p>$d = 13,8$ mm (1/2 in line pipe schedule 80)</p> <p>$\nu = 40$ cSt</p> | <p>II) $\Delta P/L = 33$ mbar/m</p> <p>$\rho = 0,8$ kg/dm³</p> <p>$d = 13,8$ mm (1/2 in line pipe schedule 80)</p> <p>$\nu = 10$ cSt et 1,0 cSt respectively</p> |
|--|---|
- 1) Start at A for $\Delta P/L = 33$ mbar/m.
 - 2) Draw a straight line through B for $\rho = 0,8$ kg/dm³ to C.
 - 3) From C, draw a straight line through D1 for $d = 13,8$ mm to E.
 4. From D2 project vertically for $d = 13,8$ mm to intersect the viscosity line for $\nu = 40$ cSt.
 5. From the intersection point with the viscosity line project horizontally to F1.
 6. From E draw a straight line through F1 and if this line has no intersection with a value for $Re > 2\,000$, draw the line further to V1.
 7. $V1 = 0,63$ m/s.
 8. The lag time is found opposite the flow velocity and is $T = 1,6$ s/m.
4. From D2 project vertically for $d = 13,8$ mm to intersect the viscosity line for $\nu = 10$ cSt and $\nu = 1,0$ cSt, respectively.
 - If there is no intersection with the viscosity line (in the example for $\nu = 1,0$ cSt), flow is turbulent and proceed with 7.
 5. From the intersection point with the viscosity line (in the example for $\nu = 10$ cSt), project horizontally to F2.
 6. From E draw a straight line through F2 and if this line intersects a value for $Re > 2\,000$, flow is turbulent and proceed with 7.
 7. Start anew from E and draw a straight line through $\lambda = 0,032$ to $V2 = 2$ m/s.
 8. The lag time is found opposite the flow velocity and is $T = 0,5$ s/m.
- 9) To determine the volume flow start from T1 or T2 and draw a straight line through $d = 13,8$ mm to $Q1 = 0,35$ m³/h and $Q2 = 1,05$ m³/h, respectively.

C.2 Longueurs équivalentes de composants et baisses de pression

C.2.1 Introduction

Afin d'évaluer la baisse de pression dans le tube d'échantillon par unité de longueur ($\Delta P/L$) en vue d'une utilisation dans les solutions du nomogramme concernant la vitesse de l'échantillon et le délai (voir article C.4), il est nécessaire de trouver un équivalent de longueur pour les vannes et les raccords en ramenant à des longueurs droites les canalisations en boucle d'échantillon. Cette longueur équivalente est ensuite ajoutée à la longueur de tuyauterie droite et divisée par la baisse de pression (ΔP), enregistrée après prise en compte de la baisse de pression due aux vannes de régulation de débit, aux régulateurs, aux débitmètres, aux changements de hauteur, etc., qui ne permet pas de donner immédiatement une longueur équivalente.

Le tableau C.1 permet de faciliter les choses en donnant des longueurs équivalentes des vannes et des raccords utilisés couramment dans les systèmes d'échantillonnage. Le tableau C.2, quant à lui, donne des indications de tolérance de baisse de pression pour les vannes de régulation, les débitmètres, les filtres, etc.

La synthèse de ces données a été réalisée à l'aide des références suivantes:

- a) Crane – Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipes (Publication 410M (Metric Edition)).
- b) Chemical Engineers Handbook – Section 5: Fluid and Particle Mechanics.
- c) Fisher Controls – Control Valve Handbook.

L'utilisation de ces données s'applique autant aux gaz qu'aux liquides et il convient qu'elle permette des estimations comprises dans la limite de ± 20 % des valeurs calculées avec une plus grande rigueur.

Pour des applications sur des gaz, il convient de veiller à utiliser les densités correctes pour chaque partie de la boucle d'échantillon, par exemple en amont et en aval d'un régulateur de pression. En cas de forte variation de la température du fluide, il convient de veiller à utiliser les densités et les viscosités correctes pour chaque section de la boucle d'échantillon, par exemple en amont et en aval d'un échangeur thermique.

C.2.2 Longueurs équivalentes

La spécification de canalisation la plus couramment utilisée dans les systèmes d'échantillonnage est un tuyau de type 40 en acier commercial propre, avec des raccords ANSI de Classe 300 ou inférieure. Le tableau C.1 se base sur cette spécification en utilisant un coefficient de frottement du tuyau de $\lambda = 0,032$, assez courant pour les systèmes d'échantillonnage.

Les longueurs équivalentes sont données en multiples du diamètre intérieur de la canalisation (d) et sont directement applicables à la tuyauterie, aux vannes et aux raccords dotés d'un alésage nominal de 25 mm maximum.

C.2 Component equivalent lengths and pressure drops

C.2.1 Introduction

In order to estimate the sample line pressure drop per unit length ($\Delta P/L$), for use in the nomograph solutions of sample velocity and lag time (see clause C.4), it is necessary to find an equivalent length of valves and fittings in terms of straight lengths of the sample loop pipework. This equivalent length is then added to the length of straight pipework and divided into the pressure drop (ΔP) available after account of pressure drops due to flow control valves, regulators, flow meters, changes in elevation, etc., have been made which cannot readily be given an equivalent length.

To aid this process table C.1 gives equivalent lengths of valves and fittings commonly used in sample systems and table C.2 gives guidance on pressure drop allowances that can be made for control valves, flow meters, filters, etc.

In compiling this data reference was made to:

- a) Crane – Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipes (Publication 410M (Metric Edition)).
- b) Chemical Engineers Handbook – Section 5: Fluid and Particle Mechanics.
- c) Fisher Controls – Control Valve Handbook.

Use of this data is applicable to both gases and liquids and should enable estimates to be made within $\pm 20\%$ of more rigorously calculated values.

When applying to gases care should be taken to ensure the correct densities are used for each section of the sample loop, for example upstream and downstream of a pressure regulator. Where there are large changes in fluid temperature care should be taken to ensure correct densities and viscosities are used for each section of the sample loop, for example upstream and downstream of a heat exchanger.

C.2.2 Equivalent lengths

The most commonly used piping specification in sample systems is clean commercial steel schedule 40 pipe with ANSI Class 300 or lower fittings. Table C.1 is based on this specification using a pipe friction coefficient of $\lambda = 0,032$ which is fairly typical of analyser sample systems.

Equivalent lengths are given as multiples of pipe internal diameter (d) and are directly applicable to pipework, valves and fittings of corresponding nominal bores up to 25 mm.

Tableau C.1 – Longueurs équivalentes des vannes et des raccords

Type de vanne ou de raccord		Longueur équivalente (L_{eq})
Soupape à disque	Conventionnelle	270 d
	Modèle en Y (bras à 45°)	115 d
	Modèle en Y (disque guidé)	43 d
Clapet d'équerre	Conventionnel	120 d
	Disque guidé	43 d
Vanne d'arrêt	Conventionnelle	6 d
	Alésage réduit	40 d
Soupape de non-retour	Type basculant	80 d
	Type à clapet (disque guidé par volet)	480 d
	Type à clapet (45°)	43 d
	Type à billes (en ligne)	120 d
	Type à billes (à clapet)	270 d
Robinet à tournant sphérique	Alésage plein	3 d
	Alésage réduit	50 d
Vanne à boisseau	Droit	14 d
	Flux direct tridimensionnel	24 d
	Flux tridimensionnel via dérivation	72 d
Soupape d'arrêt	Type à disque	315 d
	Type à angle (conventionnel)	160 d
	Type à angle (bras à 45°)	275 d
	Type à angle (disque guidé à 45°)	43 d
	Modèle en Y (bras à 45°)	235 d
	Modèle en Y (disque guidé)	43 d
Raccord coudé normalisé	90°	23 d
	45°	13 d
Raccord en T normalisé	Flux direct	15 d
	Flux via dérivation	46 d
Coude constitué de 2 tuyaux à coupe d'onglet soudés	90°	46 d
	45°	12 d
Coude arrondi	$r = 1 d$	15 d
	$r = 1,5 d$ à $4 d$	10 d
	$r = 5 d$ à $6 d$	13 d
	$r = 8 d$ à $10 d$	21 d
	$r = 12 d$ à $16 d$	28 d

Table C.1 – Equivalent lengths of valves and fittings

	Type of valve or fitting	Equivalent length (L_{eq})
Globe valve	Conventional	270 d
	Y pattern (45° stem)	115 d
	Y pattern (guided disc)	43 d
Angle valve	Conventional	120 d
	Guided disc	43 d
Gate valve	Conventional	6 d
	Reduced bore	40 d
Check valve	Swing type	80 d
	Lift type (wing guided disc)	480 d
	Lift type (45°)	43 d
	Ball type (in-line)	120 d
	Ball type (lift)	270 d
Ball valve	Full bore	3 d
	Reduced bore	50 d
Plug valve (Cock)	Straight way	14 d
	Three-way flow straight through	24 d
	Three-way flow through branch	72 d
Stop check valve	Globe type	315 d
	Angle type (conventional)	160 d
	Angle type (45° stem)	275 d
	Angle type (45° guided disc)	43 d
	Y pattern (45° stem)	235 d
	Y pattern (guided disc)	43 d
Standard elbow	90°	23 d
	45°	13 d
Standard tee	Flow straight through	15 d
	Flow through branch	46 d
Mitre bend	90°	46 d
	45°	12 d
Radius bend	$r = 1 d$	15 d
	$r = 1,5 d$ to $4 d$	10 d
	$r = 5 d$ to $6 d$	13 d
	$r = 8 d$ to $10 d$	21 d
	$r = 12 d$ to $16 d$	28 d

Tableau C.1 (fin)

	Type de vanne ou de raccord	Longueur équivalente (L_{eq})
Coude en U	Modèle étanche	$40 d$
	$r = 1 d$	$24 d$
	$r = 1,5 d$ à $4 d$	$18 d$
	$r = 5 d$ à $6 d$	$24 d$
	$r = 8 d$ à $10 d$	$37 d$
	$r = 12 d$ à $16 d$	$53 d$
	Contraction soudaine (renvoie à un tuyau plus petit)	$16[1 - (d/d_1)^2] d$
	Élargissement soudain (renvoie à un tuyau plus petit)	$32[1 - (d/d_1)^2]^2 d$
	Entrée	$24 d$
	Sortie	$32 d$
	Vannes avec C_v spécifié (gallons US/min et diamètre intérieur (δ) en pouces)	$\frac{19,400 \times \delta^4}{C_v^2} \times d$
	Vannes avec C_v spécifié (gallons US/min et diamètre intérieur (δ) en pouces)	$\frac{28,000 \times \delta^4}{C_v^2} \times d$
	Vannes avec C_g spécifié (convertir en C_v (US))	$C_v = C_g/30$

Il est possible de modifier les longueurs équivalentes pour s'adapter à d'autres tuyaux, vannes et raccords à l'aide des règles suivantes:

- En utilisant la Classe ANSI 400/600 avec une tuyauterie de type 80, ou la Classe ANSI 900 avec une tuyauterie de type 120, ou la Classe ANSI 1500 avec une tuyauterie de type 160, le tableau C.1 est directement applicable.
- En utilisant la Classe ANSI pour les vannes et les raccords avec une tuyauterie à alésage nominal ou des normes autres que les alésages nominaux correspondants et les normes multipliées par $(d_1/d_2)^4$ où
 d_1 est le diamètre intérieur de la tuyauterie réelle;
 d_2 est le diamètre intérieur de la tuyauterie normalisée correspondant à la classe de vanne, ou de raccord à sa taille nominale.
- Lorsque la boucle d'échantillon est constituée de tuyaux de plusieurs diamètres, il convient de renvoyer pour toute la tuyauterie à un seul des diamètres en multipliant par $(d_1/d_3)^4$ où
 d_1 est le diamètre intérieur du tuyau de référence.
 d_3 est le diamètre intérieur du tuyau auquel se référer.
 Dans ce cas, il convient que le diamètre du tuyau (d_1) utilisé au point b) ci-dessus soit le même que le diamètre de référence.
- Pour les tuyaux et les raccords de compression associés, les longueurs équivalentes pour les raccords (raccords coudés, raccords en T, coudes, contractions, élargissements, entrées et sorties) peuvent être relevées dans le tableau avec celles du robinet à tournant sphérique. Il est néanmoins recommandé d'utiliser les données des constructeurs pour C_v afin d'estimer les longueurs équivalentes des vannes.
- Il convient que les longueurs équivalentes choisies pour les tuyaux renvoient au diamètre intérieur du tuyau correspondant.

Table C.1 (continued)

	Type of valve or fitting	Equivalent length (L_{eq})
Return bend	Close pattern	40 d
	$r = 1 d$	24 d
	$r = 1,5 d$ to 4 d	18 d
	$r = 5 d$ to 6 d	24 d
	$r = 8 d$ to 10 d	37 d
	$r = 12 d$ to 16 d	53 d
Sudden contraction referred to smaller pipe)		$16[1 - (d/d_1)^2]d$
Sudden enlargement referred to smaller pipe)		$32[1 - (d/d_1)^2]^2d$
Entry		24 d
Exit		32 d
Valves with specified C_v (US gallons/min and inside diameter (δ) in inches)		$\frac{19,400 \times \delta^4}{C_v^2} \times d$
Valves with specified C_v (US gallons/min and inside diameter (δ) in inches)		$\frac{28,000 \times \delta^4}{C_v^2} \times d$
Valves with specified C_g (Convert to C_v (US))		$C_v = C_g/30$

Equivalent lengths can be modified to suit other pipework, valves and fittings using the following rules:

- Using ANSI Class 400/600 with schedule 80 pipework, or ANSI Class 900 with schedule 120 pipework, or ANSI Class 1500 with schedule 160 pipework, table C.1 is directly applicable.
- Using ANSI Class valves and fittings with pipework of nominal bores or schedules other than the matched nominal bores and schedules multiply by

$$(d_1/d_2)^4$$

where

d_1 is the internal diameter of actual pipework;

d_2 is the internal diameter of schedule pipework matched to the class of valve or fitting at its nominal size.

- When the sample loop has more than one pipe diameter all pipework should be referred to one of the diameters by multiplying by

$$(d_1/d_3)^4$$

where

d_1 is the internal diameter of the reference pipe;

d_3 is the internal diameter of the pipe to be referred to.

In this case the pipe diameter (d_1) used in b) above should be the same as the reference diameter.

- For tubing and associated compression fittings, equivalent lengths for fittings (elbows, tees, bends, contractions, enlargements, entries and exits) can be taken from the table along with those for ball valves. However it is advisable to use manufacturers' data on C_v for estimating equivalent lengths of valves.
- Tubing equivalent lengths should be taken to refer to the corresponding o/d tubing internal diameter.

C.2.3 Tolérances concernant les baisses de pression

Afin d'attribuer la baisse de pression nécessaire pour calculer $\Delta P/L$, il faut que les baisses de pression associées aux vannes de régulation de débit, aux débitmètres, aux filtres, aux changements de hauteur, etc., soient soustraites du différentiel de pression de la boucle globale existante.

Pour ce faire, le tableau C.2 indique quelques tolérances de baisse de pression pouvant être utilisées en l'absence de données des constructeurs:

Tableau C.2 – Tolérances de baisse de pression pour les éléments du système d'échantillonnage

Caractéristique	Tolérance
Vanne de régulation de débit	Il est recommandé qu'au moins 30 % de la baisse de pression totale dans le système se fasse sur cette vanne.
Débitmètre à section variable	Pour des appareils de dimension correcte, une pression type pour un flux maximal est de 60 mbar.
Indicateurs de débit (Type à bille)	200 mbar.
Indicateurs de débit (Type à aileron)	300 mbar.
Filtres	Consulter les données des constructeurs. Pour un filtre de dimension correcte, la pression type est comprise entre 100 mbar et 150 mbar. Lorsqu'une valeur C_v est donnée, se référer au tableau C.1.
Refroidisseurs	Consulter les données des constructeurs ou établir la configuration du tuyau et se référer au tableau C.1.
Changements de hauteur	Pour les liquides, un changement de pression dû à des variations de hauteur est donné par: $\Delta P_H = \frac{\Delta H(m) \times \rho_1}{10,2} \text{ , bar}$ où: ρ_1 = densité du liquide dans les conditions de la canalisation. Les changements de hauteur des gaz peuvent être ignorés.
Changements de vitesse	Dans la plupart des applications, les effets principaux de la vitesse sont négligeables.

C.2.4 Ecart importants du coefficient de frottement

Lorsque l'on connaît Re , il est possible de trouver le coefficient réel de frottement (pour un écoulement laminaire $\lambda = 64/Re$ et pour un flux turbulent la référence au graphique de Moody (par exemple dans le document Crane) permet de trouver λ).

Lorsque λ diffère de 0,032 de plus de +20 % il est possible de procéder comme suit pour améliorer l'estimation des valeurs:

- Pour un écoulement laminaire, avec Re inférieur à 1 600, il convient de modifier la longueur équivalente des vannes et raccords en multipliant par 0,032 $Re/64$. Renouveler l'estimation.
- Pour un flux turbulent, il est possible d'utiliser les valeurs suivantes de λ :

Plage de valeurs de Re	λ
2 000 à 3 000	0,046
3 000 à 6 000	0,041
6 000 à 10 000	0,037
10 000 à 50 000	0,032
> 50 000	0,025

C.2.3 Pressure drop allowances

In order to assign the pressure drop necessary to calculate $\Delta P/L$ the pressure drops associated with flow control valves, flow meters, filters, changes in elevation, etc. must be taken away from the overall loop pressure differential available.

To assist in this table C.2 gives some pressure drop allowances which can be made in the absence of manufacturers' data.

Table C.2 – Sample system component pressure drop allowances

Feature	Allowance
Flow control valve	It is recommended that at least 30 % of the total pressure drop in the system is across this valve.
Variable area flow meter	For correctly sized meters 60 mbar at maximum flow is typical.
Flow indicators (ball type)	200 mbar.
Flow indicators (flapper type)	300 mbar.
Filters	Consult manufacturers' data. For correctly sized filter 100 mbar to 150 mbar is typical. If a C_v value is given refer to table C.1.
Coolers	Consult manufacturers' data or establish pipe configuration and refer to table C.1.
Elevation changes	For liquids, pressure change due to elevation variations is given by: $\Delta P_H = \frac{\Delta H(m) \times \rho_1}{10.2} \text{ bar}$ where ρ_1 = density of liquid at line conditions. For gases, elevation changes can be ignored.
Velocity changes	In most applications velocity head effects are negligible.

C.2.4 Large deviations in friction factor

From a knowledge of Re the true pipe friction factor can be found (for laminar flow $\lambda = 64/Re$ and for turbulent flow reference to Moody Charts (e.g. in Crane's document) will give λ).

If λ differs from 0,032 by more than +20 %, then the following can be done to improve the estimated values:

- For laminar flow, with the Re below 1 600, the equivalent lengths of the valves and fittings should be modified by multiplying by $0,032 Re/64$. Repeat the estimation.
- For turbulent flow the following values of λ can be used:

Re range	λ
2 000 to 3 000	0,046
3 000 to 6 000	0,041
6 000 to 10 000	0,037
10 000 to 50 000	0,032
greater than 50 000	0,025

Il convient de modifier les longueurs équivalentes des vannes et des raccords en multipliant par $0,032/\lambda$. Il convient d'utiliser aussi cette valeur de λ à l'étape 7 de la solution graphique fournie par le nomogramme (voir C.1.6). Renouveler l'estimation.

Pour un tuyau lisse (par exemple une canalisation), le coefficient de frottement du tuyau commence à dévier de manière significative par rapport aux valeurs ci-dessus lorsque Re est supérieur à 15 000. Dans ce cas, utiliser les coefficients de frottement du tuyau commercial pour estimer les longueurs équivalentes au tableau C.1, mais utiliser les valeurs suivantes de λ dans la solution du nomogramme:

Plage de valeurs de Re	λ
15 000 à 20 000	0,027
20 000 à 100 000	0,021

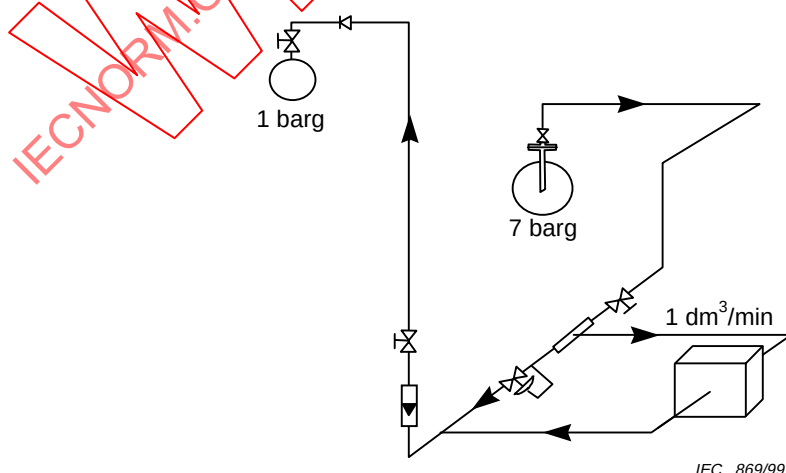
En utilisant les données ci-dessus en parallèle avec le nomogramme, il est possible de réaliser une estimation de la vitesse dans le tuyau, du nombre de Reynolds (Re), du délai, etc. en connaissant les canalisations du système d'échantillonnage et la baisse de pression existantes pour surmonter les pertes par frottement. Il est également possible d'utiliser les valeurs connues du délai requis et de la canalisation du système d'échantillonnage pour calculer la vitesse dans la canalisation ainsi que Re et estimer la baisse de pression nécessaire pour surmonter les pertes par frottement en remontant les étapes sur le nomogramme.

C.3 Exemples de calculs du système d'échantillonnage

C.3.1 Exemple 1

La figure ci-dessous présente un système analyseur. L'analyseur nécessite 1,0 l/min d'échantillon prélevé sur un système à boucle rapide via un filtre de dérivation. Le délai du système d'échantillonnage entre le point d'échantillonnage des processus et l'analyseur ne doit pas dépasser 60 s. Le délai entre le prélèvement du filtre de dérivation et l'analyseur, via le système de conditionnement de l'échantillon, est estimé à 45 s.

Trouver la vitesse d'écoulement, la pression au niveau du prélèvement du filtre de dérivation et la baisse de pression nécessaire sur la vanne de régulation de débit de la boucle rapide pour satisfaire à l'exigence maximale de délai pour la configuration suivante de la boucle rapide et pour les données de processus suivantes:



The equivalent lengths of the valves and fittings should be modified by multiplying by $0,032/\lambda$. Also this value of λ should be used in step 7 of the nomograph solution guide (see C.1.6). Repeat the estimation.

For smooth pipe (e.g. tubing) the pipe friction factor starts to deviate significantly from the above values at Re 's above 15 000. In this case use the above commercial pipe friction factors for estimating equivalent lengths in table C.1 but use the following values of λ in the nomograph solution:

Re range	λ
15 000 to 20 000	0,027
20 000 to 100 000	0,021

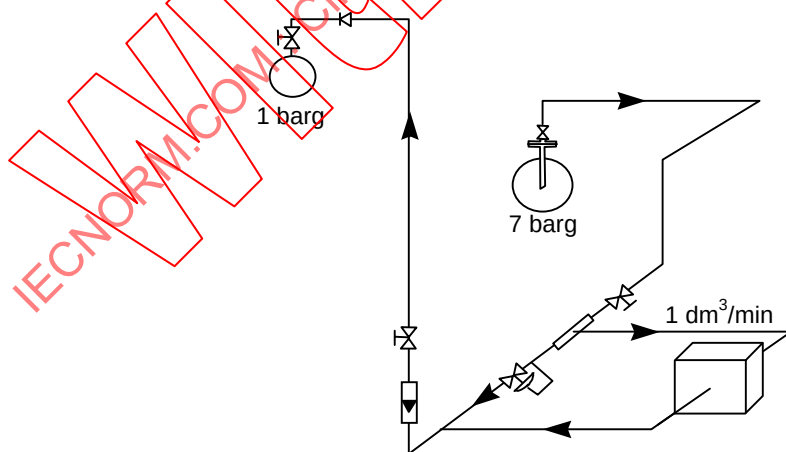
Using the above data in conjunction with the nomograph, an estimate of line velocity, Reynolds number (Re), lag time, etc. can be made from a knowledge of the sample system piping and the pressure drop available to overcome the friction losses. Alternatively, knowledge of the required lag time and sample system piping can be used to calculate line velocity and Re and estimate the pressure drop necessary to overcome the friction losses by working through the nomograph in reverse.

C.3 Examples of sample system calculations

C.3.1 Example 1

The figure below shows an analyser system. The analyser requires 1,0 l/min of sample taken from a fast loop system via a by-pass filter. The sampling system lag from the process sample point to the analyser is not to exceed 60 s. The lag time from the by-pass filter offtake to the analyser via its sample conditioning system is estimated to be 45 s.

Find the flow velocity, pressure at the by-pass filter offtake and the necessary pressure drop across the fast loop flow regulating valve to meet the maximum lag time requirement for the following fast loop configuration and process data:



Sonde de mesure de 0,5 m dans un tuyau de type 160 1/2"

Vanne d'arrêt de classe 600 1/2"

20 m de tuyau de type 40 1/2"

Raccords coudés 4 × 90°

Vanne d'arrêt de classe 300 1/2"

Filtre de dérivation (élément à alésage plein)

Section à boucle rapide du processus au prélèvement du filtre

Vanne de régulation

Débitmètre VA

Raccord en T 1/2" pour retour échantillon analyseur

Vanne d'arrêt de classe 300 1/2"

Tuyau de 30 m de type 40 1/2"

Raccord coudé 3 × 90°

Soupape de non-retour (de type clapet)

Vanne d'arrêt de classe 300 1/2"

Retour dans le processus par entrée dans le mur

Section à boucle rapide retournant dans le processus

Pression au point d'échantillonnage = 7,0 barg

Pression au point de retour = 1,0 barg

Hauteur du filtre de dérivation = 1,0 m au-dessus de la plate-forme

Hauteur du point d'échantillonnage = 6,0 m au-dessus de la plate-forme

Hauteur du point de retour = 9,0 m au-dessus de la plate-forme

Viscosité du fluide = 8,0 cSt

Densité du fluide = 0,8 kg/dm³

C.3.1.1 Vitesse du flux dans la boucle

Délai nécessaire pour traiter le prélèvement du filtre = 60 s – 45 s = 15 s.

Longueur du tuyau de type 160 1/2" = 0,5 m

Longueur du tuyau de type 40 1/2" = 20,0 m

Longueur estimée des vannes et des raccords = 0,3 m

$$15 = 0,5/V_{160} + 20,3/V_{40}$$

Diamètre intérieur du tuyau de type 160 = 11,84 mm

Diamètre intérieur du tuyau de type 40 = 15,8 mm

$$15 = \frac{1}{V_{40}} \left[0,5 \times \left[\frac{11,84}{15,8} \right]^2 + 20,3 \right]$$

0,5 m sample probe in 1/2" schedule 160 pipe

1/2" class 600 gate valve

20 m of 1/2" schedule 40 pipe

4 × 90° elbows

Fast loop section from process to filter offtake

1/2" class 300 gate valve

By-pass filter (full bore element)

Regulating valve

VA flow meter

1/2" tee for analyser sample return

1/2" class 300 gate valve

Fast loop section returning to the process

30 m of 1/2" schedule 40 pipe

3 × 90° elbows

Check valve (lift type)

1/2" class 300 gate valve

Wall entry return to process

Pressure at sample point = 7,0 barg

Pressure at return point = 1,0 barg

By-pass filter elevation = 1,0 m above grade

Sample point elevation = 6,0 m above grade

Return point elevation = 9,0 m above grade

Fluid viscosity = 8,0 cSt

Fluid density = 0,8 kg/dm³

C.3.1.1 Loop flow velocity

Required lag time from process to filter offtake = 60 s – 45 s = 15 s

Length 1/2" schedule 160 pipe = 0,5 m

Length 1/2" schedule 40 pipe = 20,0 m

Estimated length of valves and fittings = 0,3 m

$$15 = 0,5/V_{160} + 20,3/V_{40}$$

Schedule 160 pipe internal diameter = 11,84 mm

Schedule 40 pipe internal diameter = 15,8 mm

$$15 = \frac{1}{V_{40}} \left[0,5 \times \left[\frac{11,84}{15,8} \right]^2 + 20,3 \right]$$

$$V_{40} = 1,37 \text{ m/s}$$

Vitesse du flux dans la boucle = 1,37 m/s

Notons que le flux traversant la vanne de régulation et la section du débitmètre VA de la boucle rapide est inférieur au flux traversant le reste de la boucle de 1,0 l/min. Cela représente une réduction de 6 % à une vitesse dans la boucle de 1,37 m/s. Puisque cette section du système est courte comparée à la boucle rapide globale, l'effet sur les calculs suivants est négligeable.

C.3.1.2 Pression au niveau du prélèvement du filtre de dérivation

Trouver la longueur équivalente des vannes et des raccords allant jusqu'au filtre inclus pour un tuyau de type 40 1/2" (sauf spécification contraire, $d = 15,8 \text{ mm}$). A l'aide du C.1:

$$\text{Perte à l'entrée de la sonde} = 24 d \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4 = 0,90 \text{ m}$$

$$0,5 \text{ m de tuyau de type } 160 \text{ } 1/2'' = 0,5 \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4 = 1,58 \text{ m}$$

$$\text{Vanne d'arrêt de classe } 600 \text{ } 1/2'' \\ d = 13,87 \text{ mm} \approx \text{type } 80 = 6 d \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4 = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Elargissement soudain} \\ d = 11,84 \text{ mm} = 32 \left[1 - \left[\frac{d}{15,8} \right]^2 \right]^2 \times d \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4 = 0,23 \text{ m}$$

$$\text{Raccords coudés à } 90^\circ \text{ (4 fermés)} = 23 d \times 4 = 1,45 \text{ m}$$

$$\text{Vanne d'arrêt de classe } 300 \text{ } 1/2'' = 6 d = 0,10 \text{ m}$$

$$\text{Filtre de dérivation-alésage plein} \\ \text{Le traiter comme un raccord en T} = 15 d = 0,24 \text{ m}$$

$$\text{Longueur totale équivalente des vannes et des} \\ \text{raccords (} L_{eq} \text{) jusqu'au filtre} = 4,64 \text{ m}$$

$$\text{Vitesse d'écoulement } V_{40} = 1,37 \text{ m/s}$$

$$\text{Viscosité} = 8,0 \text{ cSt}$$

$$\text{Nombre de Reynolds (} Re \text{)} = 1\,000 \times 1,37 \times 15,8 \div 8,0 = 2\,708$$

Pour ce Re , un coefficient de frottement de $\lambda = 0,046$ est plus approprié et il convient de réviser les longueurs équivalentes.

$$\text{Révision de } L_{eq} = 4,64 \times 0,032 \div 0,046 = 3,23 \text{ m.}$$

En se référant au nomogramme à l'article C.4 et en utilisant $\lambda = 0,046$:

- à partir de $V = 1,37 \text{ m/s}$, projeter en E via $\lambda = 0,046$;
- à partir de E, projeter en C via $DI = 15,8 \text{ mm}$;
- à partir de C, projeter en A via $B = 0,8 \text{ kg/dm}^3$;
- lire $\Delta P/L$ à partir de A.

$$V_{40} = 1,37 \text{ m/s}$$

Loop flow velocity = 1,37 m/s

Note that the flow through the regulating valve and the VA meter section of the fast loop is less than flow through the rest of the fast loop by 1,0 l/min. This represents a reduction of 6 % at a loop velocity of 1,37 m/s. Because this section of the system is short in comparison to the overall fast loop, the effect on the following calculations is negligible.

C.3.1.2 Pressure at by-pass filter offtake

Find equivalent length of valves and fittings up to and including the filter referred to 1/2" schedule 40 pipe (unless otherwise stated $d = 15,8 \text{ mm}$). Using table C.1:

Probe entry loss	$= 24d \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4$	= 0,90 m
0,5 m 1/2" schedule 160 pipe	$= 0,5 \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4$	= 1,58 m
1/2" class 600 gate valve $d = 13,87 \text{ mm} \equiv \text{schedule 80}$	$= 6d \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4$	= 0,14 m
Sudden enlargement ($d = 11,84 \text{ mm}$)	$= 32 \left[1 - \left[\frac{d}{15,8} \right]^2 \right]^2 \times d \times \left[\frac{15,8}{d} \right]^4$	= 0,23 m
90° elbows (4 off)	$= 23 d \times 4$	= 1,45 m
1/2" class 300 gate valve	$= 6 d$	= 0,10 m
By-pass filter – full bore treat as tee fitting)	$= 15 d$	= 0,24 m
Total equivalent length of valves and fittings (L_{eq} process to filter)		= 4,64 m =====
Flow velocity V_{40}	= 1,37 m/s	
Viscosity	= 8,0 cSt	
Reynolds number (Re)	$= 1\,000 \times 1,37 \times 15,8 \div 8,0 = 2\,708$	
For this Re a friction factor of $\lambda = 0,046$ is more appropriate and the equivalent lengths should be revised.		
Revised L_{eq}	$= 4,64 \times 0,032 \div 0,046 = 3,23 \text{ m}$	

Referring to the nomogram in clause C.4 and using $\lambda = 0,046$:

- project from $V = 1,37 \text{ m/s}$ through $\lambda = 0,046$ to E;
- project from E through $D1 = 15,8 \text{ mm}$ to C;
- project from C through $B = 0,8 \text{ kg/dm}^3$ to A;
- read $\Delta P/L$ from A.

$$\Delta P/L = 21,5 \text{ mbar/m.}$$

$$L = L_{eq} + \text{Longueur du tuyau droit.}$$

$$L = 3,23 + 20 = 23,23 \text{ m.}$$

Par conséquent, la baisse de pression due au tuyau plus les vannes et les raccords s'obtient comme suit:

$$\Delta P = 23,23 \times 21,5 = 499 \text{ mbar} = 0,50 \text{ bar.}$$

Le changement de hauteur entre le point d'échantillonnage du processus et le filtre est donné par la formule suivante:

$$\text{Hauteur de la sonde} - \text{hauteur du filtre} = 6,0 - 1,0 = 5,0 \text{ m.}$$

$$\text{Le tableau C.2 indique: } \Delta P_H = H \times 0,8 \div 10,2 = 0,39 \text{ bar.}$$

La pression au niveau du prélèvement du filtre est donnée par la formule suivante:

$$\text{Pression du processus} - \Delta P + \Delta P_H = 7,0 - 0,5 + 0,39 = 6,89 \text{ barg}$$

$$\text{Pression au niveau du prélèvement du filtre de dérivation} = 6,89 \text{ barg}$$

C.3.1.3 Baisse de pression sur le régulateur de débit

Trouver une longueur équivalente des vannes et des raccords pour terminer la boucle rapide pour un tuyau de type 40 1/2" (sauf spécification contraire $d = 15,8 \text{ mm}$). Le tableau C.1 indique:

D'après b) ci-dessus, pour les vannes et les raccords jusqu'au filtre inclus)	=	4,64 m
Raccord en T 1/2"	= 15 d	= 0,24 m
Vanne d'arrêt de classe 300 1/2"	= 6 d	= 0,10 m
Raccords coudés à 90° (3 fermés)	= 23 $d \times 3$	= 1,09 m
Soupape de non-retour 1/2" de type à clapet)	= 480 d	= 7,58 m
Vanne d'arrêt de classe 300 1/2"	= 6 d	= 0,10 m
Perte en sortie du retour échantillon	= 32 d	= 0,51 m
Longueur totale équivalente des vannes et raccords (L_{eq} boucle rapide entière)	=	14,26 m =====

Tolérance pour un coefficient de frottement plus approprié $\lambda = 0,046$ (voir en C.3.1.2 ci-dessus):

$$\text{Révision de } L_{eq} = 9,92 \text{ m.}$$

$$\Delta P/L = 21,5 \text{ mbar/m.}$$

$$L = L_{eq} + \text{Longueur de tuyau droit.}$$

$$L = 9,92 + 20 + 30 = 59,92 \text{ m}$$

$$\Delta P/L = 21,5 \text{ mbar/m.}$$

$$L = L_{eq} + \text{Length of straight pipe.}$$

$$L = 3,23 + 20 = 23,23 \text{ m.}$$

Hence the pressure drop due to the pipe plus valves and fittings is given by:

$$\Delta P = 23,23 \times 21,5 = 499 \text{ mbar} = 0,50 \text{ bar}$$

Elevation change between sample point at process and the filter is given by:

$$\text{Probe elevation} - \text{filter elevation} = 6,0 - 1,0 = 5,0 \text{ m}$$

$$\text{From table C.2: } \Delta P_H = H \times 0,8 \div 10,2 = 0,39 \text{ bar}$$

Pressure at the filter offtake is given by:

$$\text{Process pressure} - \Delta P + \Delta P_H = 7,0 - 0,5 + 0,39 = 6,89 \text{ barg}$$

$$\text{Pressure at the by-pass filter offtake} = 6,89 \text{ barg}$$

C.3.1.3 Pressure drop across flow regulator

Find equivalent length of valves and fittings for complete fast loop referred to 1/2" schedule 40 pipe (unless otherwise stated $d = 15,8 \text{ mm}$). Using table C.1:

From b) above valves and fittings up to and including the filter)		= 4,64 m
1/2" tee	= 15 d	= 0,24 m
1/2" class 300 gate valve	= 6 d	= 0,10 m
90° elbows (3 off)	= 23 $d \times 3$	= 1,09 m
1/2" check valve (lift type)	= 480 d	= 7,58 m
1/2" class 300 gate valve	= 6 d	= 0,10 m
Sample return exit loss	= 32 d	= 0,51 m
Total equivalent length of valves and fittings (L_{eq}) (complete fast loop)		= 14,26 m =====

Allowing for more appropriate friction factor $\lambda = 0,046$ (see C.3.1.2 above):

$$\text{Revised } L_{eq} = 9,92 \text{ m}$$

$$\Delta P/L = 21,5 \text{ mbar/m.}$$

$$L = L_{eq} + \text{length of straight pipe.}$$

$$L = 9,92 + 20 + 30 = 59,92 \text{ m.}$$

Par conséquent, la baisse de pression due au tuyau plus les vannes et les raccords s'obtient comme suit:

$$\Delta P = 59,92 \times 21,5 = 1\,288 \text{ mbar} = 1,29 \text{ bar}$$

Le changement de hauteur entre le point d'échantillonnage du processus et le retour dans le processus est donné par la formule suivante:

$$\text{Hauteur de la sonde} - \text{hauteur du retour échantillon} = 6,0 - 9,0 = -3,0 \text{ m}$$

$$\text{Le tableau C.2 indique: } \Delta P_H = -3,0 \times 0,8 \div 10,2 = -0,24 \text{ bar}$$

$$\text{Tolérance de baisse de pression due à un débitmètre VA} = 60 \text{ mbar} = 0,06 \text{ bar}$$

La baisse de pression au niveau du régulateur de débit est donnée par:

Pression au point d'échantillonnage $-\Delta P + \Delta P_H$ – tolérance du débitmètre VA – pression en retour échantillon

$$\Delta P_V = 7,0 - 1,29 - 0,24 - 0,06 - 1,0 = 4,41 \text{ bar}$$

$$\text{Baisse de pression au niveau de la vanne de régulation} = 4,41 \text{ bar}$$

Lorsque le ΔP_V nécessaire et le débit sont connus, il est possible de calculer C_V pour garantir le dimensionnement correct de la vanne.

C.3.2 Exemple 2

En ce qui concerne le système décrit en C.3.1, l'analyseur et le système de conditionnement peuvent fonctionner avec une ΔP minimale de 2,5 bar. Trouver la vitesse de boucle rapide maximale et le délai associé au prélèvement du filtre de dérivation.

C.3.2.1 Vitesse de la boucle rapide

En prenant en compte la baisse de pression autour de la boucle rapide, nous pouvons estimer la ΔP maximale due au tuyau de la boucle rapide, aux vannes et aux raccords comme suit:

$$\Delta P = \text{Point d'échantillonnage} - \text{tolérance débitmètre} - \Delta P_V + \Delta P_H - \text{retour échantillon}$$

ΔP_V + tolérance débitmètre VA = baisse de pression nécessaire pour l'analyseur (les baisses de pression dans les raccords en T sont négligeables, 2,5 bar dans cet exemple).

$$\text{D'après C.3.1.3: } \Delta P_H = -0,24 \text{ bar.}$$

$$\Delta P = 7,0 - 2,5 - 0,24 - 1,0 = 3,26 \text{ bar.}$$

D'après le tableau C.1, la longueur équivalente des vannes et des raccords = 14,26 m (voir en C.3.1.3).

Le coefficient de frottement est inconnu, nous supposons donc que $\lambda = 0,032$.

$$L = L_{eq} + \text{longueur du tuyau droit.}$$

$$L = 14,26 + 20 + 30 = 64,26 \text{ m}$$

$$\Delta P/L \text{ max.} = 3,26 \times 1\,000 \div 64,26 = 50,7 \text{ mbar/m}$$

Hence the pressure drop due to the pipe plus valves and fittings is given by:

$$\Delta P = 59,92 \times 21,5 = 1\,288 \text{ mbar} = 1,29 \text{ bar}$$

Elevation change between the sample point at process and the sample return to process is given by:

$$\text{Probe elevation} - \text{sample return elevation} = 6,0 - 9,0 = -3,0 \text{ m}$$

$$\text{From table C.2: } \Delta P_H = -3,0 \times 0,8 \div 10,2 = -0,24 \text{ bar}$$

$$\text{Pressure drop allowance due to VA meter} = 60 \text{ mbar} = 0,06 \text{ bar}$$

Pressure drop across the flow regulator is given by:

$$\text{Sample point pressure} - \Delta P + \Delta P_H - \text{VA meter allowance} - \text{sample return pressure}$$

$$\Delta P_v = 7,0 - 1,29 - 0,24 - 0,06 - 1,0 = 4,41 \text{ bar}$$

$$\text{Pressure drop across the regulating valve} = 4,41 \text{ bar}$$

From a knowledge of the required ΔP_v and flow rate the C_v can be calculated to ensure correct sizing of the valve.

C.3.2 Example 2

For the system described in C.3.1 it is found that the analyser plus conditioning system can operate with a minimum ΔP of 2,5 bar. Find the maximum fast loop velocity and the associated lag time to the by-pass filter offtake.

C.3.2.1 Fast loop velocity

Considering pressure drops around the fast loop we can estimate the maximum ΔP due the fast loop pipework, valves and fittings by:

$$\Delta P = \text{Sample point} - \text{VA meter allowance} - \Delta P_v + \Delta P_H - \text{sample return}$$

$\Delta P_v + \text{VA meter allowance}$ = pressure drop required by the analyser (pressure drops in tee fittings are negligible 2,5 bar in this example).

$$\text{From C.3.1.3: } \Delta P_H = -0,24 \text{ bar.}$$

$$\Delta P = 7,0 - 2,5 - 0,24 - 1,0 = 3,26 \text{ bar}$$

From table C.1 the valves and fittings equivalent length = 14,26 m (see C.3.1.3).

Friction factor is not known so assume $\lambda = 0,032$.

$$L = L_{eq} + \text{length of straight pipe}$$

$$L = 14,26 + 20 + 30 = 64,26 \text{ m}$$

$$\Delta P/L \text{ max.} = 3,26 \times 1\,000 \div 64,26 = 50,7 \text{ mbar/m.}$$

En utilisant le nomogramme en C.4 avec $\lambda = 0,032$:

- A partir de $A = 50,7$ mbar/m, projeter en C via $B = 0,8$ kg/dm³
- A partir de C, projeter en E via $D1 = 15,8$ mm.
- Projeter verticalement de $D2 = 15,8$ mm pour couper $\nu = 8,0$ cSt. A partir de cette intersection, projeter horizontalement vers F.
- A partir de E, projeter en Re via F. Lorsque $Re > 2\,000$, le flux est turbulent. Commencer à partir de E à nouveau et projeter en V via $\lambda = 0,032$.
- Lire la vitesse à partir de V.

$V = 2,8$ m/s.

Vérifier que $Re = 1\,000 \times 2,8 \times 15,8 \div 8,0 = 5\,530$.

Pour ce Re , le coefficient de frottement approprié est $\lambda = 0,041$.

Révision de $L_{eq} = 14,26 \times 0,032 \div 0,041 = 11,13$ m

$L = 61,13$ m

$\Delta P/L = 53,3$ mbar/m

En utilisant le nomogramme en C.4 avec $\lambda = 0,041$, recommencer les étapes a) à e) ci-dessus.

$V = 2,25$ m/s

Vérifier que $Re = 4\,448$. Pour cette valeur, λ reste 0,041.

Vitesse dans la boucle rapide = 2,25 m/s

C.3.2.2 Délai vers le filtre

D'après C.3.1.1:

$$t = \frac{1}{2,25} \times \left[0,5 \times \left[\frac{11,84}{15,8} \right]^2 + 20,3 \right]$$

Délai dans la boucle rapide = 9,15 s.

Using the nomograph in clause C.4 with $\lambda = 0,032$:

- Project from A = 50,7 mbar/m through B = 0,8 kg/dm³ to C
- Project from C through D1 = 15,8 mm to E.
- Project vertical from D2 = 15,8 mm to intersect $\nu = 8,0$ cSt. From this intersection project horizontal to F.
- Project from E through F to Re. If $Re > 2\ 000$ flow is turbulent. Start from E again and project through $\lambda = 0,032$ to V.
- Read velocity from V.

$$V = 2,8 \text{ m/s.}$$

$$\text{Check } Re = 1\ 000 \times 2,8 \times 15,8 \div 8,0 = 5\ 530.$$

For this Re the appropriate friction factor $\lambda = 0,041$.

$$\text{Revised } L_{eq} = 14,26 \times 0,032 \div 0,041 = 11,13 \text{ m.}$$

$$L = 61,13 \text{ m.}$$

$$\Delta P/L = 53,3 \text{ mbar/m.}$$

Using the nomograph in clause C.4 with $\lambda = 0,041$ repeat steps a) to e) above.

$$V = 2,25 \text{ m/s.}$$

Check $Re = 4\ 448$. For this value λ remains at 0,041.

Fast loop velocity = 2,25 m/s

C.3.2.2 Lag time to filter

Referring to C.3.1.1:

$$t = \frac{1}{2,25} \times \left[0,5 \times \left[\frac{11,84}{15,8} \right]^2 + 20,3 \right]$$

Lag time in fast loop = 9,15 s.

C.4 Nomogramme pour les délais relatifs aux échantillons

