

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
654-4**

Première édition
First edition
1987

**Conditions de fonctionnement pour les matériels
de mesure et commande dans les processus
industriels**

Quatrième partie:

Influences de la corrosion et de l'érosion

**Operating conditions for industrial-process
measurement and control equipment**

Part 4:

Corrosive and erosive influences



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 654-4: 1987

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

654-4

Première édition
First edition
1987

**Conditions de fonctionnement pour les matériels
de mesure et commande dans les processus
industriels**

Quatrième partie:
Influences de la corrosion et de l'érosion

**Operating conditions for industrial-process
measurement and control equipment**

Part 4:
Corrosive and erosive influences

© CEI 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Généralités	8
4. Substances non solides	8
4.1 Définitions	10
5. Gaz et vapeurs	10
5.1 Effets de la contamination	10
5.2 Composés chlorés non organiques	10
5.3 Explication des niveaux de sévérité des agents contaminants	12
6. Aérosols	14
7. Liquides	16
8. Substances solides	16
8.1 Type de processus industriel et emplacement à l'intérieur de ce processus	16
8.2 Nature des substances solides contenues dans l'environnement et de nature à influencer sur le matériel	16
8.3 En combinaison avec	18
8.4 Fréquence d'apparition	18
8.5 Taille	18
8.6 Concentration en mg/kg ou g/kg d'air sec	18
8.7 Vitesse en m/s	18
8.8 Conductivité thermique	20
8.9 Conductivité électrique	20
8.10 Perméabilité magnétique	20
8.11 Exemple donnant une application pratique de l'usage du questionnaire	20
9. Flore et faune	22
ANNEXE A — Agents contaminants industriels	24
ANNEXE B — Méthodes de classification de la réactivité des environnements	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General	9
4. Non-solid substances	9
4.1 Definitions	11
5. Gases and vapours	11
5.1 Contamination effects	11
5.2 Inorganic chlorine compounds	11
5.3 Explanation of contaminant severity levels	13
6. Aerosols	15
7. Liquids	17
8. Solid substances	17
8.1 Kind of industrial-process and location within that process	17
8.2 Nature of solid substances in the environment which could affect the instruments	17
8.3 In combination with	19
8.4 Frequency of occurrence	19
8.5 Size	19
8.6 Concentration in mg/kg or g/kg of dry air	19
8.7 Velocity in m/s	19
8.8 Thermal conductivity	21
8.9 Electrical conductivity	21
8.10 Magnetic permeability	21
8.11 Example given to demonstrate the use of the questionnaire	21
9. Flora and fauna	23
APPENDIX A — Industrial contaminants	25
APPENDIX B — Methods of classification of reactive environments	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT POUR LES MATÉRIELS DE
MESURE ET COMMANDE DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS**

Quatrième partie: Influences de la corrosion et de l'érosion

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
65(BC)38	65(BC)41

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OPERATING CONDITIONS FOR INDUSTRIAL-PROCESS
MEASUREMENT AND CONTROL EQUIPMENT**
Part 4: Corrosive and erosive influences

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 65: Industrial-process measurement and control.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
65(CO)38	65(CO)41

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

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT POUR LES MATÉRIELS DE MESURE ET COMMANDE DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS

Quatrième partie: Influences de la corrosion et de l'érosion

1. Domaine d'application

La quatrième partie de la norme prend en considération les conditions d'environnement propres à la corrosion et à l'érosion auxquelles les systèmes de mesure et de commande des processus industriels ou les constituants de ces systèmes, situés à terre ou sur des plates-formes en mer, peuvent être exposés en cours de fonctionnement, au cours de périodes pendant lesquelles ils sont installés mais ne sont pas actifs, en cours de stockage ou en cours de transport. Les conditions d'entretien et de réparation sont exclues du domaine d'application.

Les grandeurs d'influence traitées dans cette partie sont limitées à celles qui peuvent affecter directement le comportement des systèmes de mesure et de commande des processus ou les constituants de tels systèmes. Les effets des conditions spécifiques d'environnement sur le personnel ne sont pas du domaine de cette partie. Il y a lieu d'utiliser les valeurs appropriées des paramètres physiques et chimiques qui y sont énumérés, ainsi que les descriptions qualitatives de l'environnement, pour décrire l'environnement local dans lequel on s'attend à ce que le matériel fonctionne, à ce qu'il soit transporté et à ce qu'il soit stocké. Seules sont traitées les conditions en tant que telles; les effets de ces conditions sur la qualité de fonctionnement du matériel sont spécifiquement exclus.

Beaucoup de conditions d'environnement énumérées dans cette partie sont d'une classification difficile, si bien qu'on utilise une description qualitative pour caractériser l'environnement.

2. Objet

L'objet de la quatrième partie de la norme est d'offrir, aux utilisateurs et aux fournisseurs des systèmes de mesure et de commande dans les processus industriels et des constituants de tels systèmes, une nomenclature et une classification uniformes des influences de la corrosion et de l'érosion, correspondant aux conditions de fonctionnement, d'emménagement, de manipulations et de transport, auxquelles les matériels peuvent être exposés dans des emplacements spécifiés. Les conditions de fonctionnement correspondant au transport concernent un matériel dans un emballage approprié de manière à éviter que le matériel soit endommagé.

Les conditions d'environnement énumérées sont destinées à servir de base pour l'établissement de spécifications détaillées.

L'un des objectifs de cette partie est de faciliter la solution de certains problèmes qui pourraient apparaître lorsqu'on ne prend pas en considération les conditions de fonctionnement spécifiques affectant le comportement des systèmes et de leurs constituants.

Un objectif supplémentaire de cette partie consiste à faciliter le choix d'un certain nombre de valeurs spécifiques limites utilisables lors de l'élaboration des spécifications des matériels de mesure et de commande des processus industriels.

OPERATING CONDITIONS FOR INDUSTRIAL-PROCESS MEASUREMENT AND CONTROL EQUIPMENT

Part 4: Corrosive and erosive influences

1. Scope

Part 4 of the standard considers the corrosive and erosive industrial environment to which land-based and off-shore, industrial-process measurement and control systems or parts of systems may be exposed during operation, during periods when they are installed but inactive, during storage or transportation. Maintenance and repair conditions are excluded from this part.

The environmental influences considered in this part are limited to those which may directly affect performance of process-measurement and control systems or parts of such systems. Effects of the specific environmental conditions on personnel are not within the scope of this part. The appropriate values of the physical or chemical parameters listed here as well as the qualitative descriptions of the environment should be used to define local environments in which equipment is expected to operate, be transported and stored. Only conditions as such are considered; the resulting effects of these conditions on instrument performance are specifically excluded.

Many environmental conditions listed in this part are difficult to classify so that a qualitative description is used to characterize the environment.

2. Object

The object of Part 4 of the standard is to provide users and suppliers of industrial-process measurement and control systems and parts of such systems with a uniform listing and classification of corrosive and erosive environmental conditions to which equipment may be exposed in specified locations during operation, storage, handling and transportation. Conditions for transportation are for equipment in suitable packages to prevent damage.

The listed environmental conditions are intended to serve as a basis for comprehensive specifications.

One of the objects of this part is to minimize problems which might result from neglecting considerations of specific operating conditions affecting performance of systems and parts of systems.

An additional object of this part is to aid in the choice of specific limit values for use in the development of evaluation specifications for industrial-process measurement and control equipment.

3. Généralités

Le matériel de mesure et de commande des processus industriels est utilisé partout dans le monde et, de ce fait, est exposé aux conditions caractéristiques d'environnement de faune et de flore des climats tropicaux, tempérés et arctiques, de même qu'aux conditions correspondant aux déserts, aux forêts vierges, aux montagnes et à la mer.

En superposition par rapport aux influences de cet environnement de base, et en plus du niveau général de contamination ambiante régnant dans les zones industrielles où les systèmes de mesure et de commande des processus sont largement utilisés, il y a lieu de reconnaître qu'en moyenne les plus hauts niveaux de contamination existent généralement dans les zones locales où le matériel de mesure et de commande de processus est installé, étant donné que les agents contaminants sont introduits dans l'environnement par les processus mêmes qui sont mesurés et commandés. Ces niveaux plus élevés de contamination peuvent exister de façon permanente ou temporaire. Dans bien des cas les effets sur le matériel de mesure et de commande sont proportionnels à la concentration, à la température et au temps d'exposition, ces effets étant fréquemment aggravés par l'humidité. Il est cependant très difficile de décrire un environnement en spécifiant la concentration de l'agent contaminant en fonction du temps. De ce fait, le concept de la valeur moyenne a été utilisé comme base pour classer quantitativement les substances actives chimiquement. Mais il a été tenu compte du fait qu'un dommage particulier peut être causé par une forte concentration de courte durée (valeurs de pointe) en agent contaminant corrosif; les valeurs de pointe telles que définies plus loin ont, par conséquent, été incorporées à la classification.

L'annexe A donne une liste d'agents contaminants industriels correspondant à différents processus. Elle est à considérer comme un guide pour attirer l'attention sur les agents contaminants spécifiques introduits par les processus industriels.

La contamination atmosphérique à laquelle des systèmes ou des éléments de systèmes peuvent être exposés comprend les gaz, les vapeurs, les liquides et les solides. Les effets de ces agents contaminants peuvent être divers, tels que la corrosion du fait de contaminants chimiques actifs, l'érosion du fait du sablage, et l'obstruction du fait de poussières.

Les différents types d'agents contaminants peuvent également coexister et donner naissance à des conditions d'environnement plus sévères, par exemple une humidité élevée combinée avec la présence de chlore; de ce fait il y a lieu de spécifier la température ambiante et l'humidité relative.

Il est pratiquement impossible de classer tous les environnements divers du fait du nombre élevé d'agents contaminants possibles et, par voie de conséquence, du grand nombre d'effets et de sévérités.

Il est reconnu que les effets des gaz, des vapeurs et des liquides se traduisent principalement par une corrosion, tandis que les agents contaminants solides peuvent être la cause d'érosion, de corrosion, d'effets nuisibles de caractère thermique ou électromagnétique.

Les articles 4, 5, 6 et 7 présentent donc une classification des effets de corrosion des substances non solides et chimiquement actives. Les articles 8 et 9 énumèrent d'autres effets d'environnement subis par l'instrumentation, donnent une liste de substances solides actives et mentionnent brièvement les effets de la flore et de la faune.

4. Substances non solides

Les substances non solides sont actives seulement chimiquement. Elles sont par conséquent classées en fonction de la valeur moyenne et de la valeur de pointe de leur concentration.

3. General

Industrial-process measurement and control equipment is used all over the earth, thus being exposed to the characteristic environmental conditions of fauna and flora of tropical, temperate and arctic climates, as well as deserts, jungles, mountains and the sea.

Superimposed on these basic environmental influences and in addition to the general level of ambient pollution prevalent in industrialized areas where process control equipment and systems are heavily utilized, it should be recognized that higher levels of contamination do generally exist in the localized areas where the process control equipment is deployed, as contaminants are introduced into the environment by the very process that is being controlled. These higher levels of contamination can occur permanently or temporarily. In many cases the effects on measurement and control equipment are proportional to the concentration, temperature and the period of exposure, these effects being often increased by humidity. It is however very difficult to describe an environment by specifying the concentration of the contaminant against time. Therefore, the concept of the average value was used as a basis for quantitatively classifying the chemically active substances. But it is recognized that special damage may be caused by short-time high concentration (peak value) of corrosive contaminants, therefore the peak values as defined below have been incorporated in the classification.

In Appendix A is given a listing of industrial contaminants associated with various process plants. It is a guide to highlight the specific contaminants introduced by industrial processes.

Atmospheric contamination to which systems and parts of systems may be exposed include gases, vapours, liquids and solids. The effects of these contaminants can be various, such as the corrosive effects from chemically active contaminants, erosive effects from sand blasting and clogging by dusts.

The different kinds of contaminants can also be present in combinations whereby more severe environmental conditions can arise such as high humidity combined with chlorine gas; therefore, the ambient temperature and relative humidity should be specified.

It is practically impossible to classify all the different environments, due to the unlimited number of possible combinations and associated large number of effects and severities.

It is recognized that the effects of gases, vapours and liquids are primarily corrosive while solid contaminants may cause adverse erosive, corrosive, thermal or electromagnetic effects.

Therefore, Clauses 4, 5, 6 and 7 classify the corrosive effects of non-solid chemically active substances. Clauses 8 and 9 are enumerations of other environmental effects on instrumentation in which solid active substances are listed and the effects of flora and fauna are briefly mentioned.

4. Non-solid substances

Non-solid substances are only chemically active. They are therefore classified according to the average and peak value of their concentration.

4.1 Définitions

Les définitions qui suivent sont nécessaires à la compréhension de cette quatrième partie.

La valeur «moyenne sur une demi-heure» est définie par l'expression

$$\frac{1}{\frac{1}{2} h} \int_0^{\frac{1}{2} h} x dt$$

où x est la concentration en agent contaminant mesurée ou présumée.

La valeur de pointe est le maximum mesuré ou présumé des valeurs «moyennes sur une demi-heure» appréhendées au cours d'une année.

La valeur moyenne est la moyenne arithmétique d'un nombre significatif du point de vue statistique de valeurs «moyennes sur une demi-heure» mesurées ou présumées.

Note. — On peut utiliser une valeur «moyenne sur une heure» lorsque les textes légaux le prévoient.

5. Gaz et vapeurs

Les classes du tableau I tiennent compte du fait que la valeur moyenne et la valeur de pointe de la concentration doivent toutes deux être prises en considération pour classer convenablement un environnement. Mais la valeur de pointe est en fait une valeur intégrée sur la base d'une demi-heure. Or le taux de réactivité des agents chimiques (par exemple SO_2 ou HF) peut varier beaucoup au cours d'une demi-heure. C'est pourquoi la relation entre la valeur de pointe et la valeur moyenne est variable d'un agent contaminant à un autre. Un environnement déterminé est classé dans la classe la plus forte correspondant soit à la valeur moyenne, soit à la valeur de pointe de cet environnement quand celles-ci, en fonction des colonnes du tableau I, correspondent à deux classes différentes. Une méthode de classification en variante, basée sur les taux de réactivité du cuivre, est donnée dans l'annexe B.

5.1 Effets de la contamination

Chaque site peut présenter des niveaux de combinaisons et de concentration différents en ce qui concerne les agents contaminants corrosifs gazeux. Les qualités de fonctionnement peuvent se dégrader rapidement ou, au contraire, seulement après de nombreuses années, en fonction des combinaisons et des niveaux de concentration présents sur un site. Les alinéas qui suivent décrivent comment des agents contaminants divers contribuent à la dégradation des qualités de fonctionnement d'un matériel.

5.2 Composés chlorés non organiques (désignés par Cl_2 dans le tableau I)

Ce groupe comporte aussi bien des composés à fortes activités oxydantes (chlore, dioxyde de chlore) que des composés tels que l'acide chlorhydrique, si bien que la réactivité dépendra de la composition du gaz spécifique. En présence d'humidité, ces gaz engendrent des ions chlore qui réagissent facilement avec les alliages de cuivre, d'étain, d'argent et de fer. Ces réactions sont significatives même lorsque les gaz sont présents en faible concentration. Ces réactions sont atténuées en atmosphère sèche. Pour de plus fortes concentrations, beaucoup d'élastomères et certains plastiques sont oxydés lorsqu'ils sont exposés à des gaz chlorés. Des précautions particulières doivent être prises lorsque du matériel est exposé à des atmosphères qui contiennent des agents contaminants chlorés. Des sources d'ions chlore, telles que les agents de nettoyage, les vapeurs de tours de réfrigération, etc., sont à prendre en considération lors de la classification.

4.1 Definitions

The following definitions are required to understand this part.

One-half hour mean value is defined as

$$\frac{1}{\frac{1}{2} \text{ h}} \int_0^{\frac{1}{2} \text{ h}} x \, dt$$

where x is the measured or expected contaminant concentration.

Peak value is the maximum measured or expected one-half hour mean value recognized over a year.

Mean value is the arithmetic mean of a statistically sufficient number of measured or expected one-half hour mean values.

Note. — A one hour mean value may be used where legal.

5. Gases and vapours

The classes in Table I recognize that average concentrations and peak values shall both be considered to properly classify an environment. Peak values have been integrated on a ½ hour basis. Chemical agents (e.g. SO₂ or HF) may vary greatly in their reactivity rate over a ½ h period. Therefore, the relationship of peak value to average value may vary with each contaminant. The classification of environment by category should be determined by the highest class if average and peak values are not in the same category. An alternate method of classification based on copper reactivity rates is shown in Appendix B.

5.1 Contamination effects

Each site may have different combinations and concentration levels of corrosive gaseous contaminants. Performance degradation can occur rapidly or over many years, depending on the particular concentration levels and combinations present at a site. The following paragraphs describe how various contaminants contribute to equipment performance degradation.

5.2 Inorganic chlorine compounds (expressed as Cl₂ in Table I)

This group contains both strong oxidants (chlorine, chlorine dioxide) and compounds such as hydrogen chloride, so reactivity will depend upon the specific gas composition. In the presence of moisture, these gases generate chloride ions which react readily with copper, tin, silver and iron alloys. These reactions are significant even when the gases are present at low levels. These reactions are attenuated in dry atmospheres. At higher concentrations, many elastomers and some plastics are oxidized by exposure to chlorinated gases. Particular care shall be given to equipment which is exposed to atmospheres which contain chlorinated contaminants. Sources of chloride ions, such as cleaning compounds and cooling tower vapours, etc., should be considered when classifying.

5.2.1 *Sulfures actifs* (désignés par H_2S dans le tableau I)

Ce groupe comprend l'hydrogène sulfuré, l'élément soufre lui-même et les composés sulfurés organiques tels que les mercaptans. Lorsqu'ils sont présents en faible concentration ils attaquent rapidement les alliages de cuivre, d'argent et de fer. La présence d'humidité et de petites quantités de composés chlorés non organiques accélère beaucoup la corrosion par formation de sulfures. A noter, toutefois, que l'attaque se produit encore dans des environnements à humidité relative faible. Les sulfures actifs figurent, de même que les composés chlorés non organiques, en tant que cause prédominante de corrosion atmosphérique dans les processus industriels.

5.2.2 *Oxydes de soufre* (désignés par SO_2 dans le tableau I)

Les formes oxydées de composés à base de soufre (SO_2 , SO_3) sont engendrées par la combustion de combustibles fossiles renfermant du soufre. Des oxydes de soufre à basse concentration peuvent provoquer des réactions de passivation sur les métaux et retarder ainsi leur corrosion. A concentration plus forte, ces oxydes de soufre attaquent certains métaux, élastomères et plastiques. Les réactions avec les métaux se font normalement lorsque ces gaz se dissolvent dans l'eau pour former des acides sulfureux et sulfuriques.

5.2.3 *Oxydes d'azote* (désignés par NO_x dans le tableau I)

Les composés NO_x (NO , NO_2 , N_2O_4) se forment en tant que produits de la combustion des combustibles fossiles et ont un rôle critique dans la formation de l'ozone de l'atmosphère. On considère qu'ils ont également un effet de catalyseur dans la corrosion des métaux non nobles par les composés de chlore et de soufre. En présence d'humidité, les gaz NO_x engendrent de l'acide nitrique qui attaque à son tour la plupart des métaux habituels.

5.2.4 *Acide fluorhydrique* (désigné par HF dans le tableau I)

Ce composé est un membre de la famille des halogènes et réagit comme les composés chlorés non organiques.

5.2.5 *Ammoniac et dérivés* (désigné par NH_3 dans le tableau I)

Des formes réduites de l'azote (ammoniac, amines, ions ammonium) se rencontrent surtout dans les usines de produits chimiques et d'engrais ainsi que dans les applications agricoles. Le cuivre et les alliages de cuivre sont particulièrement sujets à la corrosion dans les environnements contenant de l'ammoniac.

5.2.6 *Composés photochimiques* (désignés par O_3 dans le tableau I)

L'atmosphère contient une grande variété de composés et réactifs instables formés par la réaction de la lumière solaire, de l'humidité et d'autres constituants atmosphériques. Certains, qui participent à des réactions en chaîne rapides, ont une durée de vie de l'ordre de la fraction de seconde. En plus de l'ozone, une liste d'exemples inclurait le radical hydroxyle ainsi que les radicaux d'hydrocarbure, d'hydrocarbures oxygénés, d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre et d'eau. En raison de la nature fugace de la plupart de ces composés, leur activité principale s'exerce dans les installations et les enceintes à l'air libre. En général, les plastiques et les élastomères sont plus sensibles que les métaux aux effets photochimiques.

Note. — Les précipitateurs électrostatiques dans les dispositifs de purification de l'air des bâtiments peuvent engendrer de l'ozone.

5.3 *Explication des niveaux de sévérité des agents contaminants*

Il existe une large distribution en matière de concentration en agents contaminants et de niveaux de réactivité dans les industries utilisant du matériel de mesure et de commande. Certains environnements sont très corrosifs tandis que d'autres ne le sont que faiblement.

5.2.1 *Active sulphurs* (expressed as H₂S in Table I)

This group includes hydrogen sulphide, elemental sulphur and organic sulphur compounds such as the mercaptans. When present at low levels, they rapidly attack copper, silver and iron alloys. The presence of moisture and small amounts of inorganic chlorine compounds greatly accelerates sulphide corrosion. Note, however, that attack still occurs in low relative humidity environments. Active sulphurs rank alongside inorganic chlorides as the predominant cause of atmospheric corrosion in the process industries.

5.2.2 *Sulphur oxides* (expressed as SO₂ in Table I)

Oxidized forms of sulphur (SO₂, SO₃) are generated as combustion products of sulphur-bearing fossil fuels. Low levels of sulphur oxides can passivate reactive metals and thus retard corrosion. At higher levels they attack certain types of metals, elastomers and plastics. The reactions with metals normally occur when these gases dissolve in water to form sulphurous and sulphuric acid.

5.2.3 *Nitrogen oxides* (expressed as NO_x in Table I)

NO_x compounds (NO, NO₂, N₂O₄) are formed as combustion products of fossil fuels and have a critical role in the formation of ozone in the atmosphere. They are also believed to have a catalytic effect on corrosion of base metals by chlorides and sulphides. In the presence of moisture, these gases form nitric acid which, in turn, attacks most common metals.

5.2.4 *Hydrogen fluoride* (expressed as HF in Table I)

This compound is a member of the halogen family and reacts like inorganic chloride compounds.

5.2.5 *Ammonia and derivatives* (expressed as NH₃ in Table I)

Reduced forms of nitrogen (ammonia, amines, ammonium ions) occur mainly in fertilizer plants, agricultural applications, and chemical plants. Copper and copper alloys are particularly susceptible to corrosion in ammonia environments.

5.2.6 *Photochemical species* (expressed as O₃ in Table I)

The atmosphere contains a wide variety of unstable, reactive species which are formed by the reaction of sunlight with moisture and other atmospheric constituents. Some have lifetimes measured in fractions of a second as they participate in rapid chain reactions. In addition to ozone, a list of examples would include the hydroxyl radical as well as radicals of hydrocarbons, oxygenated hydrocarbons, nitrogen oxides, sulphur oxides and water. Because of the transient nature of most of these species, their primary effect is on outdoor installations and enclosures. In general, plastics and elastomers are more susceptible to photochemical effects than metals.

Note. — Electrostatic precipitators in air-conditioning systems to buildings can generate ozone.

5.3 *Explanation of contaminant severity levels*

There is a broad distribution of contaminant concentrations and reactivity levels existing within industries using process measurement and control equipment. Some environments are severely corrosive while others are mildly corrosive.

5.3.1 Classe 1: Air industriel propre

Environnement suffisamment bien maîtrisé pour que la corrosion n'intervienne pas dans la détermination de la fiabilité du matériel (se référer au tableau I pour des exemples d'un tel environnement).

5.3.2 Classe 2: Contamination modérée

Environnement dans lequel les effets de la corrosion sont mesurables et peuvent constituer un facteur dans la détermination de la fiabilité du matériel (se référer au tableau I pour des exemples d'un tel environnement).

5.3.3 Classe 3: Contamination sévère

Environnement dans lequel existe une forte probabilité d'occurrence d'une attaque par corrosion. De tels niveaux sévères doivent être l'occasion d'évaluations approfondies conduisant à des réglages d'environnement ou à une conception particulière du matériel et de son enrobage (se référer au tableau I pour des exemples d'un tel environnement).

TABLEAU I

Classification des agents contaminants chimiques actifs (exprimés en cm^3/m^3) (anciennement PPM)

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4	
	Valeur moyenne	Valeur de pointe	Valeur moyenne	Valeur de pointe	Valeur moyenne	Valeur de pointe	Valeur moyenne	Valeur de pointe
Agents contaminants de l'air chimiquement actifs	Air industriel propre		Contamination modérée		Contamination sévère		Spécial	
Hydrogène sulfuré (H_2S)	<0,003	<0,01	<0,05	<0,5	<10	<50	≥ 10	≥ 50
Anhydrides sulfureux (SO_2)	<0,01	<0,03	<0,1	<0,3	<5	<15	≥ 5	≥ 15
Chlore humide (Cl_2) humidité relative > 50%	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,03	<0,05	<0,3	$\geq 0,05$	$\geq 0,3$
Chlore sec (Cl_2) humidité relative < 50%	<0,002	<0,01	<0,02	<0,10	<0,2	<1,0	$\geq 0,2$	$\geq 1,0$
Acide fluorhydrique (HF)	<0,001	<0,005	<0,01	<0,05	<0,1	<1,0	$\geq 0,1$	$\geq 1,0$
Ammoniac (NH_3)	<1	<5	<10	<50	<50	<250	≥ 50	≥ 250
Oxydes d'azote (NO_x)	<0,05	<0,1	<0,5	<1,0	<5,0	<10	≥ 5	≥ 10
Ozone (O_3) ou autres oxydants	<0,002	<0,005	<0,025	<0,05	<0,1	<1,0	$\geq 0,1$	$\geq 1,0$
Solvants Trichloréthylène	—	—	<5	—	<20	—	≥ 20	—
Spécial (autres agents contaminants non spécifiés)	—	—	—	—	—	—	—	—

Note. — Les vapeurs de solvant peuvent en précipitant former des flaques qui peuvent devenir corrosives, particulièrement pour les parties électriques des appareils.

6. Aérosols

Les aérosols sont des liquides en suspension dans un gaz ou dans l'air sous la forme de petites gouttelettes formant du brouillard. Deux exemples courants d'aérosols sont pris en compte: les «brouillards d'huile» et les «brouillards salins».

5.3.1 Class 1: Industrial clean air

An environment sufficiently well controlled that corrosion is not a factor in determining equipment reliability (refer to Table I for examples).

5.3.2 Class 2: Moderate contamination

An environment in which the effects of corrosion are measurable and may be a factor in determining equipment reliability (refer to Table I for examples).

5.3.3 Class 3: Heavy contamination

An environment in which there is a high probability that corrosive attack will occur. These harsh levels should prompt further evaluation resulting in environmental controls or specially designed and packaged equipment (refer to Table I for examples).

TABLE I

Classification of chemically active contaminants (in cm^3/m^3) (PPM in old units)

Chemically active contaminants in air	Class 1		Class 2		Class 3		Class 4	
	Mean Value	Peak Value	Mean Value	Peak Value	Mean Value	Peak Value	Mean Value	Peak Value
Hydrogen sulphide (H_2S)	<0.003	<0.01	<0.05	<0.5	<10	<50	≥ 10	≥ 50
Sulphur dioxide (SO_2)	<0.01	<0.03	<0.1	<0.3	<5	<15	≥ 5	≥ 15
Wet chlorine (Cl_2) relative humidity > 50%	<0.0005	<0.001	<0.005	<0.03	<0.05	<0.3	≥ 0.05	≥ 0.3
Dry chlorine (Cl_2) relative humidity < 50%	<0.002	<0.01	<0.02	<0.10	<0.2	<1.0	≥ 0.2	≥ 1.0
Hydrogen fluoride (HF)	<0.001	<0.005	<0.01	<0.05	<0.1	<1.0	≥ 0.1	≥ 1.0
Ammonia (NH_3)	<1	<5	<10	<50	<50	<250	≥ 50	≥ 250
Nitrogen oxides (NO_x)	<0.05	<0.1	<0.5	<1.0	<5.0	<10	≥ 5	≥ 10
Ozone (O_3) or other oxidants	<0.002	<0.005	<0.025	<0.05	<0.1	<1.0	≥ 0.1	≥ 1.0
<i>Solvents</i> Trichlorethylene	—	—	<5	—	<20	—	≥ 20	—
Special (other non-specified contaminants)	—	—	—	—	—	—	—	—

Note. — Solvent vapours can precipitate to form puddles which can become corrosive, especially to the electrical parts of instruments.

6. Aerosols

Aerosols are liquids carried in gas or air in the form of small droplets generating mists. Two common examples of aerosols are classified "oils in air" and "sea salt mists".

En ce qui concerne l'huile, les mêmes considérations de classes que celles qui sont décrites à l'article 5 s'appliquent.

TABLEAU II

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Huiles ($\mu\text{g}/\text{kg}\text{-air sec}$)	< 5	< 50	< 500	> 500

Exemples: Classe 2: ateliers de mécanique

Classe 3: salles de diesels, motocompresseurs

Note. — La présence d'huiles peut provoquer par exemple le collage de contacts électromécaniques ou, dans certains cas, de la corrosion.

Brouillards salins

Dans ce cas, la classe 1 peut être décrite comme un emplacement près des côtes à plus de 0,5 km de la mer.

Classe 2: sur les côtes (à moins de 0,5 km de la mer)

Classe 3: installations sur plates-formes en mer

7. Liquides

Ils ne sont pas classifiés, mais l'utilisateur doit spécifier leur présence aux fabricants de matériels.

8. Substances solides

Contrairement à ce qui a été fait dans les articles 4 à 7 (substances non solides), il s'est avéré impossible de classifier effectivement un environnement en ce qui concerne les substances solides actives, si bien qu'il est seulement possible de décrire cet environnement ou la zone à laquelle il correspond.

Pour faciliter la mise en forme de la longue description nécessaire pour spécifier les facteurs d'influence importants sur le matériel de mesure et de commande des processus industriels de la part de l'environnement, une brève énumération des questions qui demandent réponse a été établie.

Les paragraphes 8.1 à 8.10 constituent des éléments de cette énumération, une réponse devant être donnée quand la question s'applique.

8.1 *Type de processus industriel et emplacement à l'intérieur de ce processus*

8.2 *Nature des substances solides contenues dans l'environnement et de nature à influencer sur le matériel*

Exemples: — sable,
 — minerai de fer,
 — poussière de ciment,
 — poussière de carbone,
 — fibres textiles,
 — farine,
 — amiante.

For oils the same class considerations as described in Clause 5 are valid.

TABLE II

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Oils ($\mu\text{g}/\text{kg-dry air}$)	< 5	< 50	< 500	> 500

Examples: Class 2: machine shops

Class 3: engine rooms, compressor stations

Note. — The presence of oils may result, for example, in clogging of electromechanical contacts or for some cases in corrosion.

Sea salt mists

In this case, Class 1 may be described as a location near sea coasts more than 0.5 km away from the sea.

Class 2: on the sea coast (less than 0.5 km away)

Class 3: off-shore installations

7. Liquids

These are not classified, but should be specified by users to the manufacturers of equipment.

8. Solid substances

Contrary to Clauses 4 to 7 (non-solid substances) it was found impossible to classify the environment with relation to solid substances effectively so that only an environment or area can be described.

In order to facilitate a long-worded description needed to specify the important influencing factors on industrial-process measurement and control equipment by the environment, a short listing of questions to be answered has been drawn up.

The Sub-clauses 8.1 to 8.10 are a listing of these questions, to be answered where appropriate.

8.1 *Kind of industrial-process and location within that process*

8.2 *Nature of solid substances in the environment which could affect the instruments*

For example: — sand,
 — iron ore,
 — cement dust,
 — carbon dust,
 — textile fibres,
 — flour,
 — asbestos.

8.3 *En combinaison avec*

certaines substances solides, par exemple les solides hygroscopiques, peuvent devenir chimiquement agressives lorsqu'elles sont combinées avec de l'eau (telles que NaOH ou KOH). Il est de ce fait important, lorsqu'on décrit les conditions d'environnement, de mentionner les combinaisons courantes.

La substance solide est-elle combinée avec...?

- Exemples: — l'air,
— l'eau (humidité),
— l'huile,
— autres, à spécifier.

8.4 *Fréquence d'apparition*

La fréquence d'apparition doit être indiquée.

- Exemples: — continuellement,
— de temps en temps,
— rarement,
— à spécifier.

8.5 *Taille*

Quatre exemples de diamètre moyen de particule sont donnés ci-après:

- < 3 μm ,
- entre 3 μm et 30 μm ,
- entre 30 μm et 0,3 mm,
- > 0,3 mm.

8.6 *Concentration en mg/kg ou g/kg d'air sec*

Elle s'applique seulement aux particules en suspension dans l'air.

- Exemples: — < 0,1 mg/kg,
— entre 0,1 mg/kg et 10 mg/kg,
— entre 0,01 g/kg et 1 g/kg,
— > 1 g/kg.

8.7 *Vitesse en m/s*

Les plus faibles vitesses de particules peuvent provoquer l'introduction de substances solides dans des orifices et dans des endroits où elles ne s'accumuleraient pas normalement, créant ainsi des obstructions et des blocages.

Les plus fortes vitesses de particules peuvent être la cause d'une érosion importante, par exemple les vents de sable dans le cas des usines installées près des déserts.

- Par exemple: — < 1 m/s,
— entre 1 m/s et 10 m/s,
— entre 10 m/s et 30 m/s,
— > 30 m/s, à spécifier.

8.3 *In combination with*

some solid substances for example hygroscopic solids such as NaOH or KOH may become chemically aggressive when combined with moisture. It is therefore important for the description of the environmental conditions to mention common combinations.

Is the solid substance combined with...?

For example: — air,
— water (moisture),
— oil,
— other, to be specified (T.B.S.).

8.4 *Frequency of occurrence*

An indication shall be given of the frequency of occurrence.

For example: — continuous,
— occasional,
— unusual,
— T.B.S.

8.5 *Size*

Four examples of average particle size have been specified:

— < 3 μm ,
— between 3 μm and 30 μm ,
— between 30 μm and 0.3 mm,
— > 0.3 mm.

8.6 *Concentration in mg/kg or g/kg of dry air*

This applies only to airborne solid particles.

For example: — < 0.1 mg/kg,
— between 0.1 mg/kg and 10 mg/kg,
— between 0.01 g/kg and 1 g/kg,
— > 1 g/kg.

8.7 *Velocity in m/s*

Lower particle velocity can blow solid substances into openings and locations where normally they would not settle, thus causing clogging and blocking.

High particle velocities can cause serious erosion, for example, wind-blown sand near desert locations of process plants.

For example: — < 1 m/s,
— between 1 m/s and 10 m/s,
— between 10 m/s and 30 m/s,
— > 30 m/s, T.B.S.

8.8 *Conductivité thermique*

Les propriétés d'isolation thermique de certaines substances solides peuvent être cause d'une surchauffe importante des dispositifs de réfrigération qui deviennent isolés du fait de ces substances. Exemple: le radiateur d'une électronique de puissance peut être notablement isolé par des fibres textiles.

La substance solide est-elle (?)

- un isolant thermique médiocre: $\lambda > 0,1$
- un bon isolant thermique: $\lambda < 0,1$

où λ est la conductivité thermique exprimée en watts par mètre kelvin.

8.9 *Conductivité électrique*

Les substances solides peuvent en gros être réparties en trois groupes en ce qui concerne leur conductivité électrique: les bons conducteurs, les semiconducteurs et les substances très isolantes.

Les bons conducteurs tels que les poussières métalliques ou la poussière de carbone peuvent provoquer des courts-circuits, par exemple en s'accumulant entre des bornes.

Les substances très isolantes peuvent être cause de l'accumulation de charges statiques qui peuvent perturber le fonctionnement de calculateurs et de circuits intégrés si l'on n'a pas tenu compte de ce phénomène dans la conception de ces dispositifs. Cette accumulation peut constituer un danger dans une atmosphère explosible.

La substance solide est-elle (?)

- un isolant électrique: $\sigma < 0,1$
- un semiconducteur électrique: $0,1 < \sigma < 10^5$
- un conducteur électrique: $\sigma > 10^5$

où σ est la conductivité électrique, exprimée en siemens par mètre.

8.10 *Perméabilité magnétique*

Des substances ayant une perméabilité magnétique peuvent s'accumuler dans des champs magnétiques. Par exemple, le mouvement des bobines de réaction des systèmes à balance de forces ou le mouvement des galvanomètres peut être sérieusement entravé sinon complètement empêché par l'accumulation de substances magnétiques dans l'entrefer des aimants permanents. De même, les moteurs électriques peuvent être sérieusement endommagés par l'accumulation de matériaux magnétiques entre rotors et stators.

La substance solide est-elle (?)

- non perméable magnétiquement: $k < 0,1$
- perméable magnétiquement: $k \geq 0,1$

où:

k étant le coefficient magnétique égal à $(\mu/\mu_0)^{-1}$

μ étant la perméabilité du matériau

μ_0 la perméabilité d'un espace.

8.11 *Exemple donnant une application pratique de l'usage du questionnaire*

Le processus est la chaufferie d'une usine de pâte à papier avec un foyer cyclone alimenté en charbon pulvérisé, une chaudière de récupération de liqueur noire et une chaudière alimentée à la fois en déchets d'écorce et en fuel-oil.

8.8 *Thermal conductivity*

The thermal insulating properties of some solid substances can lead to serious overheating of cooling systems which become insulated by these substances; for example, the cooling fin of power electronics can be seriously insulated by textile fibres.

Is the solid substance (?)

— a poor thermal insulator: $\lambda > 0.1$

— a good thermal insulator: $\lambda < 0.1$

where λ is the thermal conductivity in watts per metre kelvin.

8.9 *Electrical conductivity*

The electrical conductivity of solid substances can roughly be divided into three parts; the good conductors, the semiconductors, and the highly insulating substances.

The good electrical conductors, such as metal or carbon dusts, can cause short circuits, for example when settling between terminals.

The highly insulating substances can accumulate static charges which can upset the functioning of computers and integrated circuits if this phenomenon is not taken care of in the design of these devices. It is likewise regarded as a possible hazard in explosively hazardous atmospheres.

Is the solid substance an (?)

— electrical insulator: $\sigma < 0.1$

— electrical semiconductor: $0.1 < \sigma < 10^5$

— electrical conductor: $\sigma > 10^5$

where σ is the electrical conductivity measured in siemens per metre.

8.10 *Magnetic permeability*

Magnetically permeable substances can accumulate in magnetic fields; for example the movement of forcecoils or galvanometer movements can be severely restricted if not entirely demobilized by the magnetic substances accumulating in air gaps of the permanent magnets. Likewise electrical motors can be seriously damaged by magnetic materials accumulating between rotor and stator.

Is the solid substance (?)

— magnetically non-permeable: $k < 0.1$

— magnetically permeable: $k \geq 0.1$

where:

k is the magnetizing factor equal to $(\mu/\mu_0)^{-1}$

μ = permeability of the material

μ_0 = permeability of free space.

8.11 *Example given to demonstrate the use of the questionnaire*

The process is in a pulp plant boiler house with a coal-fired cyclone furnace, a black liquor recovery boiler and a bark and oil-fired combination boiler.

L'atmosphère contient de la poussière de carbone, des fibres de bois et des particules de chaux.

Les particules sont souvent combinées avec une forte humidité relative et de temps en temps avec des réactifs chlorés, de l' H_2S et du SO_2 .

Le diamètre des particules est compris entre 30 μm et 1 mm.

La concentration en particules est de 2 mg/kg d'air sec. La vitesse est supérieure à 1 m/s.

La fibre de bois est un isolant thermique et la poussière de charbon conduit l'électricité.

Une description de ce genre servira à alerter le vendeur du matériel en ce qui concerne les précautions spéciales à prendre pour installer le matériel dans ces conditions.

9. Flore et faune

La flore et la faune sont des constituants importants de l'environnement dans lequel on s'attend à ce que le matériel de mesure et de commande des processus industriels fonctionne convenablement. Il est difficile de classer ou de caractériser ces influences; c'est pourquoi on ne donne que quelques exemples du genre de dommages ou de perturbations dont la flore et la faune peuvent être responsables.

Ce sont habituellement les climats tropicaux qui abritent les influences les plus agressives. Par exemple, la flore sous un climat tropical est particulièrement agressive sous forme de champignons. Un verre optique de bonne qualité peut être sérieusement endommagé en quelques semaines à Sumatra ou dans d'autres îles tropicales couvertes de forêts vierges, si bien qu'un matériel d'analyse comportant des dispositifs optiques doit être protégé. L'absorption d'humidité du fait des champignons peut attaquer du matériel électronique. Mais d'autres climats peuvent présenter des problèmes semblables.

Les insectes peuvent être la cause de pannes inattendues de matériel pneumatique en bloquant tous les orifices de fuite par un ciment semblable à de l'argile dont ils se servent pour bâtir leurs nids.

Les isolants sont souvent endommagés par des cafards et des rongeurs, etc., qui en dépouillent tout simplement les câbles en grignotant cet isolant.

Comme conclusion sur le sujet «Flore et faune», disons que chaque situation est trop spécifique pour être généralisée et que, par conséquent, il appartient aux usagers de préciser spécifiquement toute exigence inhabituelle du fait de leur environnement.

The atmosphere contains carbon dust, wood fibre and calcium particles.

The particles are often combined with high relative humidity and occasionally combined with reactive chlorides, H₂S and SO₂.

Particle sizes will range from 30 µm to 1 mm.

The concentration in particles is 2 mg/kg dry air. The velocity is greater than 1 m/s.

The wood fibre is a thermal insulator and the carbon dust is electrically conductive.

A description of this type will serve to alert the vendor to any special precaution needed for installations at this location.

9. Flora and fauna

Flora and fauna are important constituents of the environment in which industrial-process measurement and control equipment is expected to function properly. It is difficult to classify or characterize these influences and therefore some examples are given of the kind of damage or disturbances which flora and fauna can cause.

Usually a tropical climate harbours the most aggressive influences, for example, the flora in a tropical climate is particularly aggressive in the form of fungi. A good quality optical glass can become seriously damaged in a question of weeks in Sumatra or other jungle-covered tropical islands, so that analytical equipment with optical interfaces has to be protected. The moisture absorption in mycelia can attack electronic equipment. However, other climates can have similar problems.

Insects can cause unexpected shutdowns of pneumatic equipment, by blocking off all breather openings by a clay-like cement which they use to form their nests.

Insulation material is often subject to damage by cockroaches and rodents, etc., which simply remove it by nibbling it off the wires.

The conclusion of the subject "flora" and "fauna" should be that each situation is too specific to generalize and therefore the users should specifically state any unusual requirements related to their environmental area.

ANNEXE A

AGENTS CONTAMINANTS INDUSTRIELS

Processus:

Ensemble aciérie + laminoirs
 Fonderie de métaux non ferreux
 Raffineries de pétrole
 Cimenteries
 Fabriques d'acide sulfurique

 Fonderies de fonte et d'acier
 Fabriques d'alliages ferreux
 Fabriques de pâte à papier
 Fabriques d'acide chlorhydrique

 Fabriques d'acide nitrique
 Stockage de produits pétroliers
 Fabriques de savon et de produits détergents
 Fabriques de lessives et d'eau de Javel
 Fabriques de carbure de calcium
 Fabriques d'engrais phosphatés
 Fours à chaux
 Usines de traitement de l'alumine
 Fabriques d'acide phosphorique
 Lavoirs à charbon

Agents contaminants prédominants:

Particules, fumées, oxyde de carbone, composés fluorés
 Oxydes de soufre, particules, métaux variés
 Composés soufrés, hydrocarbures, fumées, particules
 Particules, composés soufrés
 Anhydride sulfureux, anhydride sulfurique, brouillards d'acide sulfurique
 Particules, fumées
 Particules, ammoniac
 Composés sulfurés, particules
 Acide chlorhydrique sous forme de brouillard et de gaz
 Oxydes d'azote
 Hydrocarbures
 Particules
 Chlore
 Particules, acétylène
 Composés fluorés, particules, ammoniac
 Particules
 Composés fluorés, particules
 Brouillards acides, composés fluorés
 Particules

APPENDIX A

INDUSTRIAL CONTAMINANTS

Process plant:

Integrated steel mills
 Non-ferrous smelters
 Petroleum refineries
 Portland cement plants
 Sulphuric acid plants

Grey iron and steel foundries
 Ferro-alloy plants
 Kraft pulp mills
 Hydrochloric acid plants

Nitric acid plants
 Bulk storage of gasoline
 Soap and detergent plants

Caustic and chlorine plants
 Calcium carbide plants
 Phosphate fertilizer plants
 Lime plants
 Aluminium ore reduction plants
 Phosphoric acid plants
 Coal cleaning plants

Prevalent contaminants:

Particles, smoke, carbon monoxide, fluorides
 Sulphur oxides, particles, various metals
 Sulphur compounds, hydrocarbons, smoke, particles
 Particles, sulphur compounds
 Sulphur dioxide, sulphur trioxide, sulphuric acid mist

Particles, smoke
 Particles, ammonia
 Sulphur compounds, particles
 Hydrochloric acid mist and gas

Nitrogen oxides
 Hydrocarbons
 Particles

Chlorine
 Particles, acetylene
 Fluorides, particles, ammonia
 Particles
 Fluorides, particles
 Acid mist, fluorides
 Particles

ANNEXE B

MÉTHODES DE CLASSIFICATION DE LA RÉACTIVITÉ DES ENVIRONNEMENTS

B1. Généralités

Une méthode en variante, que l'on peut désigner comme supervision de la réactivité, donne une mesure quantitative du potentiel global de corrosion d'un environnement, de même que l'influence du laps de temps pendant lequel le matériel est soumis aux effets de cet environnement (voir paragraphe B2.2).

L'analyse de la contamination peut donner des estimations à court terme pour des sites spécifiques. Des valeurs élevées confirmeront l'existence d'un environnement sévère. Le contraire cependant n'est pas nécessairement vrai. Certains environnements industriels peuvent contenir un mélange complexe d'agents contaminants qui réagissent entre eux de manière à accélérer fortement (ou à retarder) l'action corrosive de chacun des gaz contaminants individuels.

Pour éviter ces difficultés pratiques, la nature des environnements industriels est définie en termes de vitesse à laquelle ils réagissent avec le cuivre. En tant que mesure directe du potentiel global de corrosion, une supervision de la réactivité implique de placer des coupons de cuivre spécialement préparés dans les environnements en cause. L'analyse peut comprendre les mesures de l'épaisseur de la pellicule attaquée, l'analyse chimique de cette pellicule ou la perte de poids. La sensibilité des techniques décrites, ci-après, correspond bien à ce qui est nécessaire pour obtenir des données significatives.

Trois niveaux de sévérité qui sont déjà spécifiés dans le tableau I peuvent également être spécifiés sur la base des vitesses de réaction avec le cuivre, de la manière suivante:

TABLEAU BI

Classification de la réactivité des environnements à partir de la formation d'une pellicule d'attaque sur le cuivre

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	Air propre industriel	Contamination modérée	Contamination sévère
Formation de la pellicule (nm)	< 30	< 150	> 150
Indication visuelle approximative	Sans changement	Ternissure marron	Ternissure noire ou bleu-noir

B2. Echantillons pour la réactivité sur le cuivre

B2.1 Préparation des échantillons

Les échantillons de cuivre (surface nominale 15 cm²) devront être préparés à partir de feuilles 0,025 de cuivre de pureté 99,99, à conductivité élevée et sans oxygène; dureté ½ - ¾.

Ils doivent être préparés comme suit:

- 1) Abrasion avec du papier métallographique 240 × en utilisant un lubrifiant à la cire.
- 2) Abrasion avec du papier 400 × comme pour l'opération 1).
- 3) Abrasion avec du papier 600 × comme pour l'opération 1).

APPENDIX B

METHODS OF CLASSIFICATION OF REACTIVE ENVIRONMENTS

B1. General

An alternate method, which can be termed reactivity monitoring, provides a quantitative measure of the overall corrosion potential of an environment, together with the influence of how long the equipment is submitted to the effect of this environment (see Sub-clause B2.2).

Pollution analysis may provide short term estimates for specific sites. High values will confirm that a severe environment exists. The reverse, however, is not necessarily true. Industrial environments may contain a complex mixture of contaminants which interact to greatly accelerate (or retard) the corrosive action of individual gas species.

To avoid these practical difficulties, the nature of industrial environments is defined in terms of the rate at which they react with copper. As a direct measure of overall corrosion potential, reactivity monitoring involves the placement of specially prepared copper coupons in the operating environments. Analysis may consist of measurements of film thickness, film chemistry or weight loss. Sensitivity of reported techniques are well within the range required for meaningful application data.

Three levels of severity which are established in Table I may also be established based on copper reactivity rates listed as follows:

TABLE BI

Classification of reactive environments of copper film formation

	Class 1	Class 2	Class 3
	Industrial clean air	Moderate contamination	Heavy contamination
Film formation (nm)	< 30	< 150	> 150
Approximate visual indication	No change	Brown tarnish	Black or blue-black tarnish

B2. Copper reactivity samples

B2.1 Sample preparation

Copper samples (nominal size 15 cm²) should be prepared from 99.99 purity, oxygen-free high conductivity (OFHC), 0.025 sheet; hardness ½ to ¾.

Prepare as follows:

- 1) Abrade 240 × metallograph paper using a wax lubricant.
- 2) Abrade 400 × as in step 1).
- 3) Abrade 600 × as in step 1).

- 4) Frotter avec un coton imbibé d'acétone chaud ayant la pureté d'un réactif du commerce.
- 5) Plonger dans de l'alcool isopropylique chaud ayant la pureté d'un réactif du commerce.
- 6) Stocker dans des récipients en verre purgés à l'azote sec.

Les opérations 3 à 5 doivent être effectuées à un moment aussi rapproché que possible du moment où l'on dispose les échantillons dans l'ambiance à superviser.

B2.2 Exposition des échantillons

Il y a lieu de placer trois coupons de cuivre verticalement dans le site que l'on veut superviser. Il faut prendre un soin particulier à éviter d'en souiller la surface, par exemple avec des empreintes digitales. Il y a lieu d'installer les coupons dans une zone où l'air circule à des vitesses qui sont caractéristiques du site.

La corrosion est définie par l'épaisseur de la pellicule due à la corrosion qui se forme au bout d'un mois d'exposition. Il faut tenir compte du fait que la pellicule se formera lentement dans les zones à faible corrosion mais se formera rapidement dans les zones à corrosion sévère. Pour faciliter la mesure de l'épaisseur de la pellicule dans ces conditions extrêmes, le temps d'exposition peut être prolongé jusqu'à trois mois dans des zones à faible corrosion ou réduit à deux semaines dans des zones à corrosion sévère. La corrosion du cuivre n'est pas linéaire si bien que des modifications de ce genre ne doivent être faites qu'avec le plus grand soin. L'expérience a montré que des mesures portant sur des périodes d'exposition plus longues ou plus courtes peuvent être ramenées à ce qu'aurait donné une exposition pendant la période normalisée de un mois en utilisant la relation:

$$x_1 = x \left(\frac{t_1}{t} \right)^A$$

où:

x_1 est l'épaisseur équivalente de pellicule au bout d'un mois

x est l'épaisseur de la pellicule mesurée au bout du temps d'essai réel t

$t_1 = 30$ jours

t est le temps d'essai réel exprimé en jours

A est égal à 0,3 pour la classe 1, 0,5 pour la classe 2 et 1 pour la classe 3

B2.3 Analyse de l'échantillon

Il y a lieu de déterminer l'épaisseur de la pellicule par réduction cathodique en utilisant la méthode de W.E. Campbell et D.B. Thomas, monographie 13, 1170 (1939) de la «Bell Telephone System».

Cette méthode est décrite brièvement ci-après.

Elle consiste à placer un échantillon recouvert de pellicule dans un électrolyte approprié, à faire passer un courant constant entre cet échantillon (la cathode) et une anode de platine et à observer le potentiel entre l'échantillon et une électrode de référence pendant la réduction.

On utilise un électrolyte aqueux (solution décimale KCl) avec une anode en platine pure.

Cette technique demande que l'on élimine l'oxygène de la solution avant la réduction de la pellicule.

A noter l'utilité de cette technique sur les pellicules usuelles prévisibles sur l'argent, le cuivre, les alliages de métaux précieux, l'étain et les autres métaux et qui peuvent être réduites.

Toutefois, les pellicules formées sur le nickel, le zinc et l'aluminium ne peuvent pas être réduites par cette méthode.

- 4) Scrub with cotton soaked in hot reagent grade acetone.
- 5) Dip in hot reagent grade isopropyl alcohol.
- 6) Store in glass containers purged with dry nitrogen.

Steps 3) to 5) should be done as near to placement time as possible.

B2.2 *Sample exposure*

Three copper coupons should be placed vertically at the site being monitored. Particular care should be taken to avoid surface contamination such as fingerprints. Installation should be in an area which has air flow rates that are characteristic of the site.

Corrosion is defined in terms of the corrosion film thickness which builds up with one month of exposure. It is recognized that film build-up will be quite slow in mild areas but rapid in severe sites. To facilitate film thickness measurements in these extreme conditions, test times can be extended to three months at mild sites or reduced to two weeks in harsh environments. Copper corrosion is non-linear so changes of this type shall be made with great care. Experience has shown that measurements over longer or shorter test times can be reduced to a normalized one month value by using the relationship.

$$x_1 = x \left(\frac{t_1}{t} \right)^A$$

where:

- x_1 is the equivalent film thickness after one month
- x is the measured film thickness after the actual test time
- $t_1 = 30$ days
- t is the actual test time in days
- A is equal to 0.3 for Class 1, 0.5 for Class 2, 1 for Class 3

B2.3 *Sample analysis*

Film thickness should be determined by cathodic reduction using the method of W.E. Campbell and D.B. Thomas, Bell Telephone System Monograph 13, 1170 (1939).

The following is a brief description of this method.

The technique involves placing a film-covered sample in a suitable electrolyte, passing a constant current between it (cathode) and a platinum anode, and observing the potential between the sample and a reference electrode during reduction.

An aqueous electrolyte (0.1 N KCl) is used with a pure platinum anode.

This technique requires the elimination of oxygen from the solution prior to film reduction.

Note that this technique is useful for the common films expected on silver, copper, precious metal alloys, tin and other metals which can be reduced.

Films on nickel, zinc and aluminum, however, cannot be reduced by this method.

Le calcul de l'épaisseur (des épaisseurs) se déduit de la loi de Faraday.

Le *temps/coulomb* nécessaire pour réduire une pellicule détermine la quantité totale représentée par cette pellicule. Cette valeur peut être convertie en épaisseur équivalente de pellicule si les hypothèses suivantes sont vérifiées:

- 1) La pellicule est uniforme.
- 2) Les propriétés moyennes de la pellicule (masse moléculaire, densité) sont semblables aux valeurs connues des matériaux constitutifs.

Si ces conditions sont remplies, on peut appliquer la relation suivante:

$$T = \left(\frac{itM}{A\rho nF} \right) \times 10^5$$

$$= \frac{itC_1}{A}$$

où:

T est l'épaisseur de la pellicule, exprimée en Ångströms (10^{-7} mm)

i est le courant, en milliampères

t est le temps de réduction d'un composé choisi, en secondes

M est la masse moléculaire

A est la surface, en centimètres carrés

ρ est la masse spécifique, en grammes par centimètre cube

n est l'équivalent par gramme/atomes constitutifs de la pellicule, par exemple: pour Ag_2S , $n = 2$

F est la constante de Faraday, $9,648 \times 10^4$ C/mol

C_1 est une constante

Quelques valeurs typiques de la constante C_1 sont données ci-après: AgCl (27,3), Ag_2O (16,8), Ag_2S (17,6), Cu_2O (12,3), CuO (6,43), Cu_2S (14,3), SnO_2 (5,62).

Il y a lieu d'utiliser pour la cellule de réduction un récipient en verre scellé qui permette l'introduction des éléments suivants:

- 1) Quatre anodes en fil de platine disposées à 90° les unes par rapport aux autres.
- 2) Une ouverture centrale pour l'échantillon (cathode) suspendue par un fil d'argent.
- 3) Une électrode de référence (Ag/AgCl).
- 4) Une ouverture permettant l'introduction, dans la cellule, d'électrolyte frais et de N_2 pur.

La cellule est scellée pour éviter le contact avec l'air de l'électrolyte (solution décimolaire de KCl) et est maintenue en service sous une légère surpression d'azote renouvelée.

L'électrolyte est préparée au départ en faisant bouillir la solution entre 30 min et 45 min dans le réservoir de stockage (capacité 1 à 2 litres) avec insufflation d'azote à travers la solution. Cette dernière est ensuite refroidie à la température de la pièce avant son utilisation tout en étant maintenue sous surpression d'azote.

Si l'oxygène n'est pas éliminé de la solution de cette manière, il s'ensuivra des erreurs d'analyse dues à la réduction cathodique de l'oxygène.

Comme cela a été dit précédemment, les anodes sont simplement constituées de quatre morceaux de fil de platine connectés en parallèle. Les extrémités qui plongent dans la solution sont à disposer à 10 mm de l'échantillon.

De la même façon, l'électrode de référence est constituée d'un morceau de fil d'argent revêtu de chlorure d'argent. Ce dernier peut être formé en anodisant le fil d'argent dans la solution décimolaire de HCl à 2 mA/cm^2 pendant 60 min. Les électrodes ainsi préparées ont fait preuve d'une excellente durée de vie et d'une bonne stabilité après des centaines de réductions.

The calculation of film thickness(es) is an application of Faraday's law.

The *time/coulombs* required to reduce a film determines the total quantity of that film. This value can be converted to an equivalent film thickness using the following assumptions:

- 1) The film is uniform.
- 2) The average properties of the film (molecular weight, density) are similar to published values for bulk materials.

Under these conditions the following relationship applies:

$$T = \left(\frac{itM}{A\rho nF} \right) \times 10^5$$

$$= \frac{itC_1}{A}$$

where:

T is the film thickness, expressed in Ångstroms (10^{-7} mm)

i is the current, in milliamperes

t is the reduction time of a selected compound, in seconds

M is the molecular weight

A is the surface area, in square centimetres

ρ is the density, in grams per cubic centimetre

n are the equivalents per gram atom of film, for example: Ag_2S , $n = 2$

F is the Faraday constant, 9.648×10^4 C/mol

C_1 is a constant

Typical values for constant C_1 are as follows: AgCl (27.3), Ag_2O (16.8), Ag_2S (17.6), Cu_2O (12.3), CuO (6.43), Cu_2S (14.3), SnO_2 (5.62).

The reduction cell should be a sealed glass container which allows entry for the following items:

- 1) Four platinum wire anodes spaced at 90° intervals.
- 2) One central port for the sample (cathode) hung on a silver wire.
- 3) One reference electrode (Ag/AgCl).
- 4) One port for fresh electrolyte and pure N_2 to be introduced into the cell.

The cell is sealed to exclude air from the electrolyte (0.1 N KCl) and while in operation is kept under a slight positive pressure of flowing nitrogen.

The electrolyte is initially prepared by boiling the solution for 30 min to 45 min in the storage bulb (1 to 2 litre capacity) with nitrogen bubbling through the solution. It is cooled to room temperature prior to use and is always maintained under flowing nitrogen.

Failure to eliminate oxygen from solution in this manner will result in analytical errors due to cathodic reduction of oxygen.

As mentioned above, the anodes are simply four pieces of platinum wire connected in parallel. The ends in solution are located 10 mm from the sample.

The reference electrode is similarly a piece of silver wire having a coating of silver chloride. This can be formed by anodizing the silver wire in 0.1 N HCl at 2 mA/cm² for 60 min. Electrodes prepared in this manner have given excellent life and adequate stability after hundreds of reductions.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 25.040.40
