

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Evaluation methods for microprocessor-based instruments

Méthodes d'évaluation pour instruments à microprocesseur

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62098:2000



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2000 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC/TS 62098

Edition 1.0 2000-11

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Evaluation methods for microprocessor-based instruments

Méthodes d'évaluation pour instruments à microprocesseur

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 25.040.40; 35.240.50

ISBN 2-8318-5842-9

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
INTRODUCTION.....	8
1 Généralités.....	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Références normatives.....	10
1.3 Définitions	10
2 Développements en instrumentation.....	12
3 Considérations concernant l'évaluation	14
3.1 Approche système.....	14
3.2 Matrice d'évaluation	16
3.3 Zone limite (interfaces).....	20
4 Technologie d'évaluation	20
4.1 Analyse de l'instrument	20
4.2 Instruments sur une liaison de communication numérique	30
4.3 Identification des propriétés des instruments	32
4.4 Conditions d'influence et essais	42
Annexe A (normative) Considérations pour mesurer la précision.....	62
Annexe B (informative) Mesures de l'écart permanent d'une boucle de régulation	64
Annexe C (informative) Résolution et perte de l'action intégrale	66
Annexe D (informative) Mise à zéro de l'intégrateur par la protection anti-saturation	68
Annexe E (informative) Exemple pratique de matrice d'évaluation.....	72
Bibliographie.....	76
Figure 1 – Modèle de système générique.....	16
Figure 2 – Modèle de matrice d'évaluation.....	18
Figure 3 – Flux des données fonctionnelles en E/S de l'instrument	20
Figure 4 – Modèle d'instrument générique	22
Figure 5 – Modèle générique de système avec une liaison de communication numérique	32
Figure 6 – Essai de vérification du fonctionnement	32
Figure 7 – Essai de vérification du fonctionnement	34
Figure B.1 – Sous-systèmes – Consigne entrée.....	64
Figure D.1 – Effets de la mise à zéro de l'intégrateur par la protection anti-saturation	70
Tableau 1 – Fonctions des instruments analogiques et à microprocesseur.....	14

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 General	11
1.1 Scope.....	11
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	11
2 Developments in instrumentation	13
3 Evaluation considerations	15
3.1 System approach.....	15
3.2 Evaluation matrix.....	17
3.3 Boundary area (interfaces).....	21
4 Evaluation technology	21
4.1 Instrument analysis.....	21
4.2 Instruments on a digital communication link	31
4.3 Identification of instrument properties	33
4.4 Influencing conditions and related tests.....	43
Annex A (normative) Considerations on measuring accuracy	63
Annex B (informative) Offset measurements of controllers.....	65
Annex C (informative) Resolution and loss of integral action	67
Annex D (informative) Reset wind-up protection	69
Annex E (informative) Practical example of evaluation matrix	73
Bibliography	77
Figure 1 – Generic system model	17
Figure 2 – Model of an evaluation matrix	19
Figure 3 – Functional information flows entering and exiting an instrument.....	21
Figure 4 – Generic instrument model.....	23
Figure 5 – Generic model of a system with a digital communication link	33
Figure 6 – Test for verifying functional operation.....	33
Figure 7 – Test for verifying functional operation.....	35
Figure B.1 – Setpoint/input subsystems	65
Figure D.1 – Reset wind-up effects.....	71
Table 1 – Analog and microprocessor-based instrument functions	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ÉVALUATION POUR INSTRUMENTS À MICROPROCESSEUR

AVANT-PROPOS

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

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

La CEI 62098, qui est une spécification technique, a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Cette version bilingue, publiée en 2001-05, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette spécification technique est basé sur les documents 65B/388/CDV et 65B/401/RVC. Le rapport de vote 65B/401/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette spécification technique.

La version française de cette spécification technique n'a pas été soumise au vote.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EVALUATION METHODS
FOR MICROPROCESSOR-BASED INSTRUMENTS**

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 specification 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. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- The subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

IEC 62098, which is a technical specification, has been prepared by subcommittee 65B: Devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

This bilingual version, published in 2001-05, corresponds to the English version.

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

Enquiry draft	Report on voting
65B/388/CDV	65B/401/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette spécification technique.

Les annexes B, C, D et E sont données uniquement pour information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale;
- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62098:2000

Annex A forms an integral part of this technical specification.

Annexes B, C, D and E are given for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- transformed into an International Standard;
- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62098:2000

INTRODUCTION

Considérations générales

L'évaluation d'un instrument ou d'un automate de processus constitue un outil d'aide à l'appréciation du coût de propriété pour une fonction de mesure ou de commande dans une installation sur l'ensemble du cycle de vie de l'installation. Le coût de propriété comprend donc tous les coûts d'investissement (y compris les remplacements intervenant pendant la durée de vie de l'installation), l'ingénierie, l'installation, la maintenance, la consommation d'énergie et de matières premières.

Les nouveaux instruments pour les mesures et les commandes dans les processus industriels sont souvent équipés de microprocesseurs et utilisent ainsi les méthodes numériques de traitement des données et l'intelligence artificielle. Cela les rend plus complexes et les méthodes normalisées existantes d'évaluation ne sont pas toujours suffisantes pour mettre en évidence les possibilités des instruments.

Sous sa forme la plus complète, une évaluation peut englober les activités suivantes:

- revue de conception (matériel et logiciel);
- essais des qualités de fonctionnement (essai fonctionnel);
- étude et essais de fiabilité et de maintenabilité;
- étude et essais de sécurité;
- essais sur site.

Les méthodes d'évaluation décrites dans ce texte traitent essentiellement des aspects liés à la qualité de fonctionnement et aux essais de fiabilité. La présente spécification technique peut également être considérée comme une extension de la CEI 61298. Les méthodes mentionnées dans cette dernière norme et qui sont aussi valables pour les instruments à microprocesseur sont indiquées dans la présente spécification mais elles ne sont pas retranscrites intégralement. Le cas échéant, on doit donc se reporter à la CEI 61298.

Certains aspects concernant l'évaluation des instruments à microprocesseur dans la présente spécification technique sont fondés sur des idées exposées dans la CEI 61069.

A l'avenir, les instruments à microprocesseur seront de plus en plus intégrés à des systèmes numériques de communication; c'est pourquoi l'aspect de la communication et son éventuelle influence sur le fonctionnement en temps réel et sur d'autres qualités de fonctionnement des instruments seront également examinés.

INTRODUCTION

Rationale

An evaluation of an instrument or a process controller is a supportive tool for assessing the cost of ownership for a measurement or a control function in a plant over the lifetime of that plant. The cost of ownership then comprises all costs for investments (including replacements over plant lifetime), engineering, installation, maintenance, energy and material consumption.

New instruments for process control and measurement are often equipped with micro-processors, thereby utilising digital data processing methods and artificial intelligence. This makes them more complex, and the existing standardised evaluation methods are not always sufficient to show the instrument capabilities.

An evaluation can consist in its most extended form of the following activities:

- design review (hardware and software);
- performance (functional) testing;
- study of testing for reliability, maintainability;
- safety study and testing for safety;
- field testing.

The evaluation methods described herein mainly treat aspects related to performance and reliability testing. This Technical Specification can be seen as an expansion on IEC 61298. Methods mentioned therein that are still valid for microprocessor-based instruments are mentioned here for completeness but are not repeated in full. When relevant, that publication shall be consulted.

Some considerations on the evaluation of microprocessor-based instruments in this technical specification are based on ideas brought forward in IEC 61069.

In the future, microprocessor-based instruments will increasingly be integrated in digital communication systems. Therefore the communication aspect and its possible influence on real-time operation and further performance of the instruments will also be considered.

MÉTHODES D'ÉVALUATION POUR INSTRUMENTS À MICROPROCESSEUR

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente spécification technique est destinée à donner des informations de base pour le développement de méthodes d'évaluation pour les instruments à microprocesseur.

L'évaluation commence par l'analyse de l'instrument et des flux d'informations externes et internes qui existent à partir de et vers le processus, l'opérateur et les systèmes externes. On identifie ensuite les blocs fonctionnels principaux de l'instrument. On peut identifier les fonctions et les propriétés qui peuvent être contenues dans les blocs fonctionnels de l'instrument à évaluer en utilisant les listes de contrôle de 4.2 et 4.3.

Le paragraphe 4.4 donne une liste de contrôle pour l'identification des conditions d'influence applicables dans le cas de l'instrument à évaluer.

En fonction de l'application de l'instrument, l'utilisateur de cette spécification technique peut avoir à définir des fonctions, des propriétés ou des conditions d'influence supplémentaires.

1.2 Références normatives

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

CEI 60050-351, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 351: Commande et régulation automatiques*

CEI 60546 (toutes les parties), *Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des processus industriels*

CEI 60770 (toutes les parties), *Transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels*

CEI 61069 (toutes les parties), *Mesure et commande dans les processus industriels – Appréciation des propriétés d'un système en vue de son évaluation*

CEI 61298 (toutes les parties), *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente spécification technique, les définitions données dans la CEI 60050-351, la CEI 60546, la CEI 60770-1, la CEI 61069 et la CEI 61298 s'appliquent.

EVALUATION METHODS FOR MICROPROCESSOR-BASED INSTRUMENTS

1 General

1.1 Scope

This Technical Specification aims at providing background information for developing evaluation methods for microprocessor-based instruments.

An evaluation starts with analysis of the instrument in terms of the external and internal information flows from and to the process, the human operator and external systems. Main function blocks in the instrument are then identified. By using the checklists given in 4.2 and 4.3, the functions and properties that may be embedded in the function blocks of the instrument to be evaluated can be identified.

Subclause 4.4 gives a checklist for identification of the relevant influencing conditions for the instrument to be evaluated.

Depending on the application of an instrument, the user of this technical specification may have to define further functions and properties or influencing conditions.

1.2 Normative references

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

IEC 60050-351, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 351: Automatic control*

IEC 60546 (all parts), *Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems*

IEC 60770 (all parts), *Transmitters for use in industrial-process control systems*

IEC 61069 (all parts), *Industrial-process measurement and control – Evaluation of system properties for the purpose of system assessment*

IEC 61298 (all parts), *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance*

1.3 Definitions

For the purposes of this technical specification the definitions given in IEC 60050-351, IEC 60546, IEC 60770-1, IEC 61069 and IEC 61298 apply.

2 Développements en instrumentation

Les fonctions des instruments peuvent être réalisées de différentes façons.

Dans le cas des instruments analogiques, les fonctions sont réalisées par la configuration et la taille des composants du matériel et par l'utilisation d'un traitement analogique des données.

Les premiers instruments équipés de microprocesseurs et utilisant les techniques numériques de traitement des données sont apparus à la fin des années soixante-dix et au début des années quatre-vingts. Depuis cette époque, l'utilisation des techniques de traitement numérique des données à l'aide de logiciels pour les instruments de mesure et les automates a connu une croissance disproportionnée. Cette croissance est allée de pair avec une augmentation des fonctionnalités et des capacités de traitement des données.

Les instruments à microprocesseur fonctionnent comme des systèmes de traitement de données par échantillonnage. Cela signifie que les valeurs de sortie et les autres données concernées sont rafraîchies ou mises à jour avec de nouvelles données à des fréquences ou selon des cycles donnés. Pendant le même temps de fonctionnement, l'instrument doit assurer d'autres tâches en plus de la tâche de mesure, par exemple des communications et des autotests. En particulier pour les fonctions dépendant du temps (commande, intégration, etc.), les instruments à microprocesseur peuvent passer à un état critique. Cela signifie que des erreurs peuvent apparaître lorsque la gestion du temps est soit imprécise, soit perturbée. La gestion du temps peut par exemple être faussée lorsque la conception permet la réalisation de plusieurs tâches en simultané sans priorité soigneusement organisée dans le fonctionnement multitâche.

Les énormes capacités de traitement de données, de mémoire et de stockage des microprocesseurs permettent l'intégration d'algorithmes de commande (par exemple PID) et d'informations de tendance de processus dans les instruments de mesure.

Les capacités de traitement de données permettent également l'utilisation de techniques de détection plus complexes. Elles permettent le développement de types plus «exotiques» de capteurs où le principe de mesure nécessite par exemple l'utilisation de méthodes statistiques pour déterminer la grandeur physique.

La connaissance accrue des capteurs a permis d'obtenir une meilleure caractérisation des capteurs. Cette caractérisation peut être intégrée dans le logiciel et, en utilisant par exemple des capteurs auxiliaires internes, elle peut être utilisée pour obtenir une meilleure adaptabilité à la gamme de mesures, comme c'est le cas pour les capteurs de pression et de pression différentielle.

De plus, cette capacité de traitement donne la possibilité de traiter les données des capteurs pour en déduire d'autres informations qui peuvent présenter un intérêt pour la maintenance. La maintenance peut également être aidée par l'action des capteurs auxiliaires qui fournissent des informations sur l'usure ou les surcharges, etc., de l'instrument ou de l'équipement auxquels ils sont connectés. On peut également utiliser des données historiques, de diagnostic et des données statistiques stockées pour améliorer la maintenance.

L'interface de communication peut être conçue pour la communication avec une interface opérateur de haut niveau par l'intermédiaire d'une liaison de communication numérique. Elle peut également permettre une communication directe d'instrument à instrument par la même liaison.

Certaines des considérations exposées ci-dessus sont reprises au tableau 1.

2 Developments in instrumentation

Instrument functions can be realised in various ways.

In analogue instruments, functions are realised by the layout and size of hardware components and by the use of analogue data processing.

The first instruments equipped with microprocessors and using digital data processing techniques appeared in the late 1970s and early 1980s. Since then, the use of software-based digital data processing techniques for measuring instruments and controllers has grown disproportionately. Also there has been an increase in functionality and data processing capacity.

Microprocessor-based instruments are sampled data systems. That means that the outputs and other relevant data are refreshed or updated with new data at certain time intervals or cycle times. Besides the measurement task, the instrument has in the same operating interval to perform other tasks such as communication and self-testing. In particular, for time-dependent functions (control, integration, etc.) microprocessor-based instruments can become time-critical. This means that errors can appear when time-housekeeping is either inaccurate or disturbed. Time-housekeeping can for instance be upset when the design allows simultaneous operation of various tasks without a careful prioritisation in the multi-tasking.

The extensive data processing, memory and storage capabilities of microprocessors permit the integration of control algorithms (e.g. PID) and process trend information in measuring instruments.

The data processing capabilities also permit the use of more complex sensing techniques. They have provided opportunities to develop more “exotic” types of sensors where the measuring principle needs for instance the use of statistical methods to determine the physical quantity.

Increased knowledge of sensors has led to better mapping of the sensor characteristics. These maps can be embedded in the software, and by the use for instance of internal auxiliary sensors they can be used to provide a much greater rangeability such as in pressure and differential pressure sensors.

Moreover, the processing capacity provides the possibility of processing sensor data to derive other information that can be of interest for maintenance purposes. Maintenance may also be supported by auxiliary sensors that provide information on wear-out or overloading etc. of the instrument or the equipment to which it is connected. Stored historic, diagnostic and statistical data may also be used for improving maintenance.

The communication interface may be designed for communication with a high-level operator interface over a digital communication link. It may also allow direct instrument-to-instrument communication over the same link.

Some of the above-mentioned considerations are summarised in table 1.

Tableau 1 – Fonctions des instruments analogiques et à microprocesseur

Fonctionnalité	Instruments analogiques	Instruments à microprocesseur
Traitement des données	– en continu: pneumatique ou électrique – fonction unique	– données échantillonnées (pouvant présenter une criticité temporelle) – multifonctions souvent équipées d'une bibliothèque de blocs fonctionnels normalisés – capacité de traitement importante, adaptée à des calculs complexes, alarmes (intelligentes) – adaptés aux nouvelles techniques de détection
Fonctions E/S de processus	– capteur unique – sortie unique analogique – adaptabilité limitée à la gamme de mesures	– multicapteur – analogique et/ou numérique à sorties multiples – adaptabilité accrue à la gamme de mesures par une meilleure identification des caractéristiques des capteurs et l'utilisation de capteurs auxiliaires internes pour la température, la compensation de pression, etc. – équipés d'entrées binaires pour détecter la fermeture de contact
Fonctions E/S homme-machine	– comparateurs à cadran, potentiomètres	– affichages numériques locaux et boutons-poussoirs pour le réglage des paramètres – commande à distance via CRT et clavier
Fonctions de communication	– analogique (4 mA à 20 mA)	– numériques avec terminaux portatifs locaux – numériques avec câbles de grande longueur – intégration en DCS (système de communication numérique)
Construction	– une unité intégrée	– construction modulaire
Autotest	– limité (vie zéro, rupture TC)	– complet – vérifications des défaillances internes – vérifications des défaillances telles que coupure de ligne/perde d'alimentation – vérifications des dispositifs externes associés – vérifications pour la maintenance préventive

3 Considérations concernant l'évaluation

3.1 Approche système

C'est l'approche système qui explique le mieux le développement de la technologie d'évaluation exposée dans la présente spécification technique. Elle commence par la définition du terme «système» donnée ci-dessous:

«Un système est un ensemble d'éléments interdépendants constitué pour atteindre un objectif donné en exécutant une fonction définie.»

Une note informative accompagnant cette définition donne une approche alternative, qui a la même importance puisqu'elle indique les limites d'un système par rapport à son environnement, à savoir:

«On considère qu'un système est séparé de son environnement et des autres systèmes externes par une surface imaginaire qui coupe les liens entre eux et le système considéré. Par ces liens, le système subit des influences venant de l'environnement et fonctionne par la sollicitation des systèmes externes ou agit lui-même sur l'environnement ou sur les systèmes externes.»

Table 1 – Analog and microprocessor-based instrument functions

Functionality	Analogue instruments	Microprocessor-based instruments
Data processing	– continuously: pneumatic or electric – single function	– sampled data (can be time-critical) – multifunction often provided with a library of standardised function blocks – large processing capacity, suitable for complex calculations, (smart) alarming – suitable for new sensing techniques
Process I/O functions	– single sensor – single output analogue – limited rangeability	– multisensor – multi-output analogue and/or digital – extended rangeability by better mapping of sensor characteristics and use of auxiliary internal sensors for temperature, pressure compensation, etc. – equipped with binary inputs for sensing contact closure
Human I/O functions	– dial gauges, potentiometers	– local digital displays and pushbuttons for parameter adjustment – remote control via CRT and keyboard
Communication functions	– analogue (4 mA to 20 mA)	– digital with local hand terminals – digital over long cables – integration in DCS (digital communication system)
Construction	– one integrated unit	– modular construction
Self-testing	– limited (live zero, TC-break)	– extensive – check for internal failures – check for line break/power failure – check on related external devices – check for preventive maintenance

3 Evaluation considerations

3.1 System approach

The system approach gives the best explanation of the development of the evaluation technology addressed in this technical specification. The term "system" is defined as follows:

"A system is a set of interdependent elements constituted to achieve a given objective by performing a definite function."

An informative note accompanying the definition gives an alternative approach, which is of equal importance as it indicates the boundaries of a system with its environment; it reads:

"A system is considered to be separated from the environment and other external systems by an imaginary surface which cuts the links between them and the considered system. Through these links the system is affected by the environment and is acted upon by the external systems, or acts itself on the environment or the external systems."

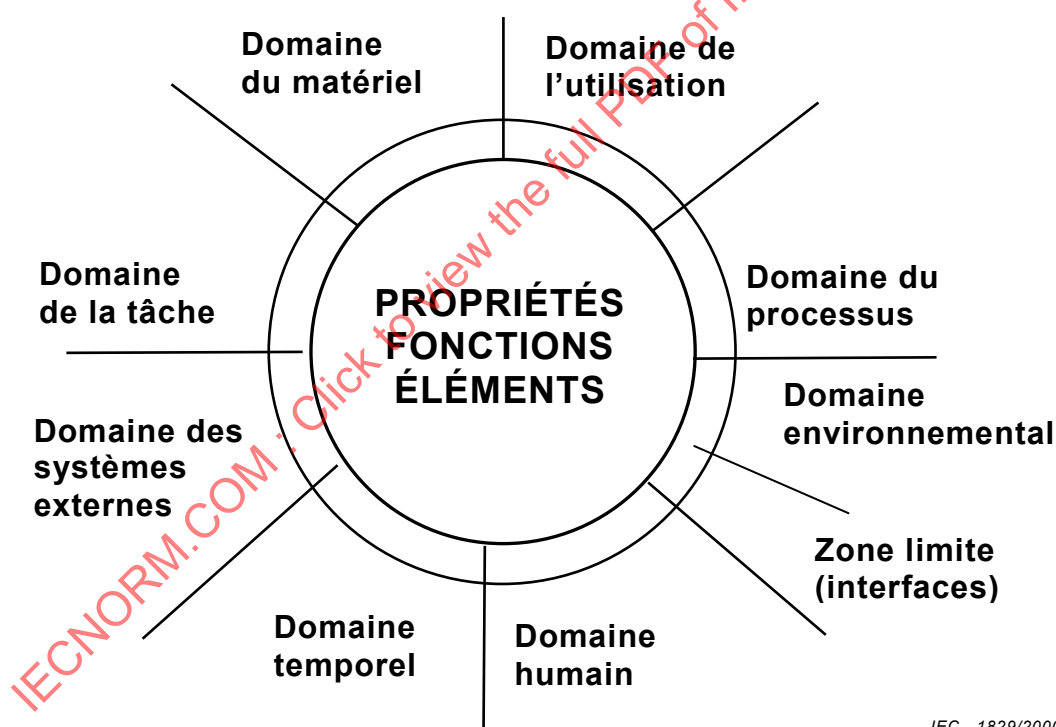
Sur la base de cette définition, tout instrument peut être traité comme un système.

Il convient qu'un système idéal (concept) soit capable d'assurer sa fonction indéfiniment sans erreur, ni panne, ni défaillance et sans retards indésirables. Cependant, le système réel développé à partir des concepts fonctionnels n'est pas idéal en raison de la nature imparfaite (dans le temps et dans l'espace) des matériaux utilisés. C'est pourquoi il devient aussi sensible aux facteurs perturbateurs externes.

Compte tenu de ce comportement du système réel qui n'est pas idéal, il est nécessaire, en pratique, de donner les caractéristiques des points importants pour leur application dans des propriétés plus ou moins mesurables telles que la précision, la stabilité, la fiabilité, la maintenabilité, etc.

Les spécifications des propriétés indiquent les écarts entre les concepts fonctionnels et la réalisation des fonctions d'un système et constituent une mesure de sa qualité.

Les principaux éléments qui constituent un système comme décrit ci-dessus et l'interaction avec l'environnement sont clairement indiqués à la figure 1. Pour des raisons pratiques, l'environnement est subdivisé en un certain nombre de domaines. Les limites sont étendues à une zone composée d'un certain nombre d'interfaces. Pour un instrument, les différents domaines d'environnement sont les sources de perturbations (conditions d'influence).



IEC 1829/2000

Figure 1 – Modèle de système générique

3.2 Matrice d'évaluation

Les principaux points qui doivent être définis de manière détaillée dans une évaluation sont les suivants:

- a) les éléments des instruments;
- b) les fonctions des instruments;
- c) les propriétés des instruments;
- d) les conditions d'influence.

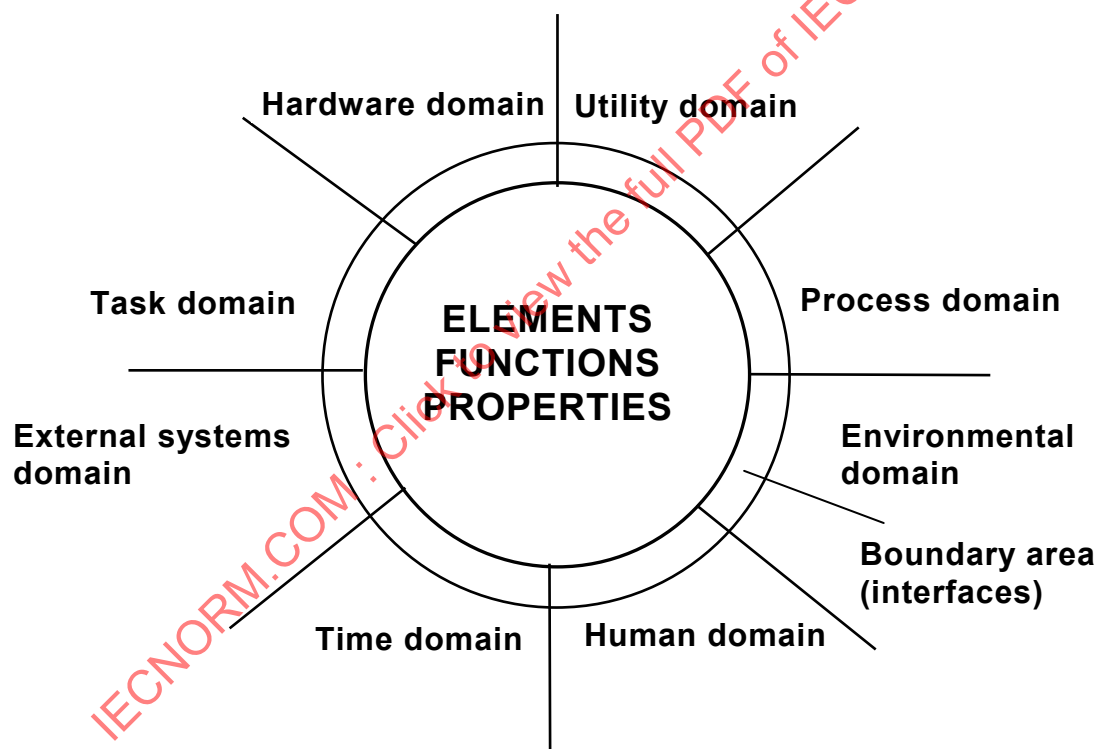
Using this definition, every instrument can be treated as a system.

An ideal system (the concept) should be able to indefinitely perform its function without error, fault, failure and unwanted delay. However, the real system developed from the functional concepts is not ideal due to the imperfect (time- and space-bound) nature of the materials used. It is therefore sensitive to disturbing external factors.

Because of this non-ideal behaviour of the real system, there is a practical need for characterising the points of concern with respect to their application in more or less measurable properties, such as accuracy, stability, reliability, maintainability, etc.

The specifications of the properties indicate the deviations between the functional concepts and the realisation of the functions of a system and are a measure of its quality.

The main constituents of a system described above and the interaction with the environment are clearly shown in figure 1. The environment is for practical reasons further split into a number of domains. The boundary is expanded to a boundary area consisting of a number of interfaces. The various environmental domains are the sources of disturbance (influencing conditions) for an instrument.



IEC 1829/2000

Figure 1 – Generic system model

3.2 Evaluation matrix

The main points to be defined in detail for an evaluation are:

- a) instrument elements;
- b) instrument functions;
- c) instrument properties;
- d) influencing conditions.

Le choix réalisé peut ne pas couvrir la totalité des prescriptions et spécifications pour un instrument à l'étude et constitue un compromis entre les parties concernées.

Les résultats de la phase de définition sont ensuite structurés dans une matrice multidimensionnelle (multicouches) qui donne sans ambiguïté le programme qui a fait l'objet d'un accord mutuel. La figure 2 en montre un modèle. Les trois premières lignes résument l'intérieur de l'instrument et la première colonne décrit l'environnement. Chaque champ de la matrice représente un essai. La matrice peut encore être subdivisée si nécessaire pour indiquer également les paramètres des propriétés ou des fonctions. L'annexe E donne un exemple pratique pour un débitmètre électromagnétique.

Avant d'effectuer l'évaluation proprement dite, la personne chargée de l'évaluation a besoin de définir d'abord les techniques d'évaluation qui peuvent être résumées comme suit:

- définition et conception des méthodes et des moyens pour mesurer les fonctions et les propriétés;
- définition des méthodes et des moyens pour appliquer, mesurer et contrôler les conditions d'essai qui doivent être imposées à l'instrument;
- considérations relatives aux résultats à attendre.

Au cours de cette phase, il est encore possible d'estimer que les méthodes d'évaluation pour l'instrument doivent être révisées en raison de leurs limitations physiques et pratiques.

Après avoir commencé les essais réels, il est de bonne pratique que la personne chargée de l'évaluation reste en contact avec les parties concernées. L'obtention de résultats inattendus peut être une raison pour interrompre temporairement l'évaluation, ou peut conduire à un réexamen et à une modification de la conception.

	Niveau élément	Elément 1											
		Fonction 1				Fonction 2					Fonction 3		
		A	B	C	D	a	b	c	d	e	A	B	C
Domaine d'influence	Type d'essai												
Domaine de l'utilisation	Essai 1												
	Essai 2												
	Essai 3												
	Essai 4												
	Essai 5												
Domaine de processus	Essai 1												
	Essai 2												
	Essai 3												
	Essai 4												
Domaine d'environnement	Essai 1												
	Essai 2												
	Essai 3												
	Essai 4												
	Essai 5												

Figure 2 – Modèle de matrice d'évaluation

The choice made may not cover the totality of requirements and specifications for an instrument under consideration and is a compromise between the parties involved.

The results of the definition phase are then structured in a multidimensional (multilayered) matrix, which unambiguously shows the mutually agreed programme. A model is shown in figure 2. The first three rows summarise the inside of the instrument and the first column describes the environment. Every field of the matrix represents a test. The matrix can be split up further, if required, to indicate even parameters of properties or functions. Annex E shows a practical example for an electromagnetic flowmeter.

Before the actual performance of the evaluation, the evaluator needs to consider the evaluation techniques, which can be summarised as follows:

- definition and design of methods and means for measuring the functions and properties;
- definition of methods and means to apply, measure and control the test conditions to be imposed on the instrument;
- consideration of results to be expected.

In this phase it may still be found that the evaluation methods for the instrument have to be revised because of their physical and practical limitations.

After the actual testing has started, it is a good practice for the evaluator to keep in contact with the parties involved. Unexpected results may temporarily stop the evaluation. They may also lead to reconsideration and modification of the design.

		Element level	Element 1											
		Function level	Function 1				Function 2					Function 3		
		Property level	A	B	C	D	a	b	c	d	e	A	B	C
Influence domain	Test type													
Utility domain	Test 1													
	Test 2													
	Test 3													
	Test 4													
	Test 5													
Process domain	Test 1													
	Test 2													
	Test 3													
	Test 4													
Environmental domain	Test 1													
	Test 2													
	Test 3													
	Test 4													
	Test 5													

IEC 1830/2000

Figure 2 – Model of an evaluation matrix

3.3 Zone limite (interfaces)

Lors de la mise en œuvre d'une évaluation, la définition des limites d'un instrument est une question importante. Il est nécessaire de clairement définir les limites à la périphérie d'un système.

La façon dont les limites sont tracées et placées fait partie d'un processus arbitraire qui nécessite une connaissance détaillée de l'instrument et de ses interfaces et des discussions approfondies avec les parties concernées par l'évaluation. Les choix effectués déterminent l'étendue d'une évaluation et les ressources nécessaires pour la réaliser.

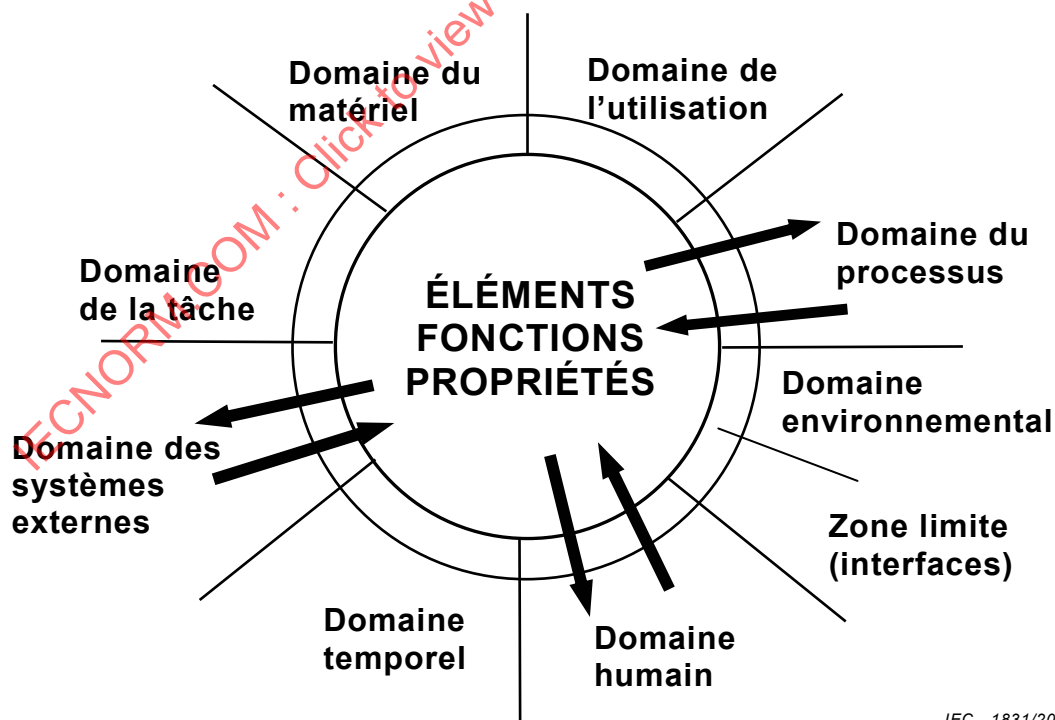
4 Technologie d'évaluation

4.1 Analyse de l'instrument

Il convient que la réalisation effective d'une évaluation d'instrument soit précédée d'une analyse structurée de la conception physique et fonctionnelle de l'instrument concerné et de son environnement en exploitation. Il convient que cette analyse, associée aux prescriptions de l'utilisateur, conduise à la définition des fonctions et des propriétés à évaluer.

La figure 3 montre l'interaction fonctionnelle prévue de l'instrument à travers ses limites avec l'environnement d'exploitation. Les flèches en gras indiquent les flux suivants d'informations pertinentes dans la mesure, la supervision et la commande:

- flux d'informations de et vers le domaine de processus;
- flux d'informations de et vers le domaine humain;
- flux d'informations de et vers le domaine des systèmes externes.



IEC 1831/2000

Figure 3 – Flux des données fonctionnelles en E/S de l'instrument

3.3 Boundary area (interfaces)

In setting up an evaluation, the definition of the boundaries of an instrument is an important issue. At the periphery of a system, the boundaries need to be clearly defined.

How and where the boundary lines are drawn is an arbitrary process, which requires a detailed knowledge of the instrument and its interfaces and thorough discussion with the parties involved in the evaluation. The choices made determine the extent of an evaluation and the resources required to perform it.

4 Evaluation technology

4.1 Instrument analysis

The actual performance of an instrument evaluation should be preceded by a structured analysis of the physical and functional design of the instrument concerned and its operational environment. This analysis together with the requirements stated by the user should lead to definition of the functions and properties to be evaluated.

Figure 3 shows the intended functional interaction of the instrument through its boundaries with the operational environment. The arrows indicate the following information flows that are relevant for process measurement, supervision and control:

- information flow from and to the process domain;
- information flow from and to the human domain;
- information flow from and to the external systems domain.

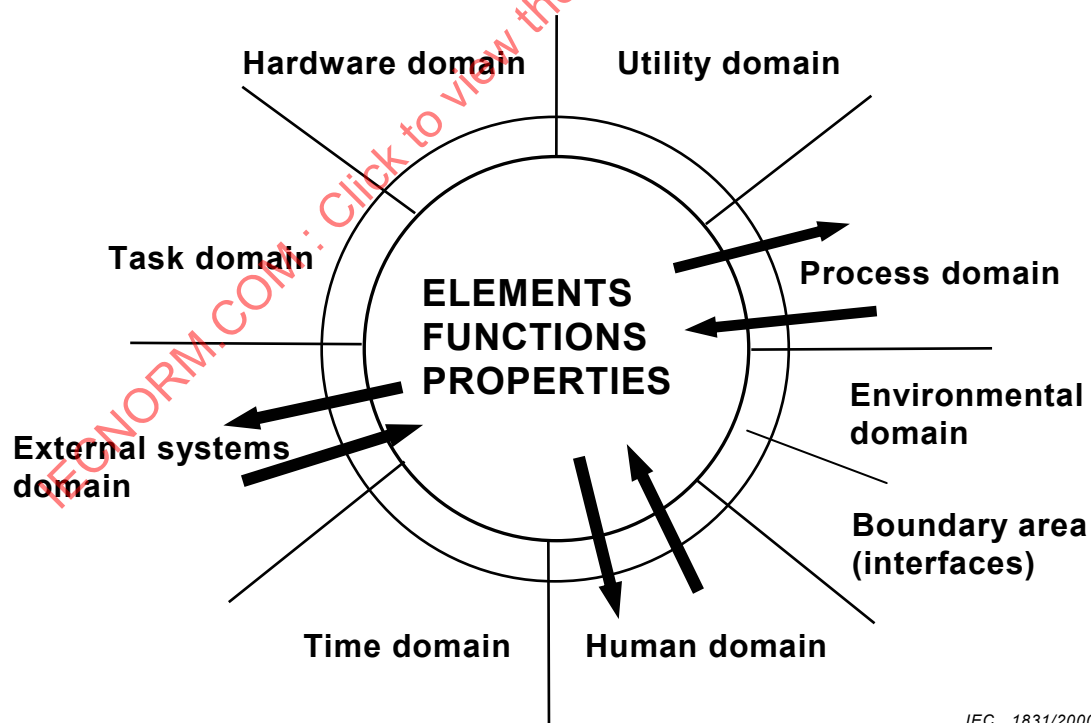


Figure 3 – Functional information flows entering and exiting an instrument

Le schéma de la figure 4 montre un modèle d'instrument générique avec sa structure interne. L'analyse est guidée et facilitée par le modèle donné à la figure 3 et la description détaillée de l'instrument donnée en 4.1.1. Le schéma représente les modules de base (blocs de construction) qui peuvent être identifiés dans une configuration maximale d'instrument.

Le modèle peut être utilisé pour décrire différents types d'instruments pour mesurer et contrôler les grandeurs physiques concernées dans les processus industriels.

Dans un instrument, les flux de données externes tels qu'ils sont représentés à la figure 3 sont volontairement interconnectés par l'intermédiaire des parcours de flux de données. Dans un instrument en fonctionnement, on peut avoir les parcours de flux de données suivants:

- processus à processus par les blocs fonctionnels contenus dans l'unité de traitement des données;
- processus (entrées) à liaison de communication numérique via interface de communication;
- liaison de communication numérique à processus (sorties) via interface de communication;
- opérateur à processus (sorties) via interface homme-machine;
- processus (entrées) à opérateur via interface homme-machine (exploitation, maintenance et gestion).

Compte tenu du fonctionnement séquentiel des instruments à microprocesseur, on distingue parmi les différents parcours de flux de données un certain nombre de durées de cycle. Dans le modèle, elles sont repérées par les symboles «ct 1» à «ct 4». Les durées de cycle du modèle ne sont pas nécessairement égales. De plus, selon le type d'information et sa priorité, des durées de cycle différentes peuvent exister pour un même parcours de flux de données.

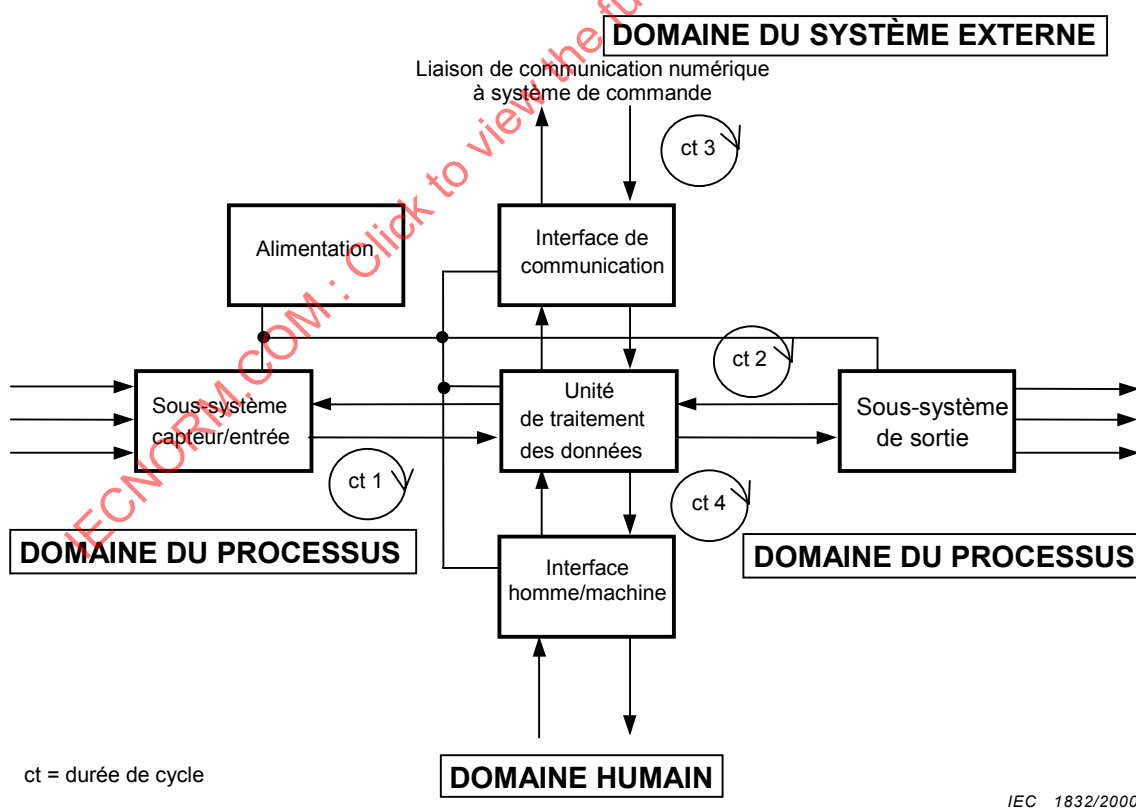


Figure 4 – Modèle d'instrument générique

Figure 4 shows a block diagram of a generic instrument model and its internal structure. The analysis is guided and facilitated by the model shown in figure 3 and the detailed instrument description given in 4.1.1. The block diagram shows the basic modules (building blocks) that can be distinguished in a maximum configuration of an instrument.

The model can be used for describing various types of instruments for measuring and controlling the relevant physical quantities of industrial processes.

Within an instrument, the external information flows shown in figure 3 are intentionally interconnected over information flow routes. In an operational instrument we may have the following information flow routes:

- process to process via the function blocks embedded in the data processing unit;
- process (inputs) to digital communication link via communication interface;
- digital communication link via communication interface to process (outputs);
- operator via human interface to process (outputs);
- process (inputs) via human interface to operators (operations, maintenance and management).

Because of the sequential operation of microprocessor-based instruments, several cycle times are distinguished in the various information flow routes. In the model they are indicated with the terms “ct 1” to “ct 4”. The cycle times shown in the model are not necessarily equal. Depending on the type of information and its priority, other cycle times may exist in one information flow route.

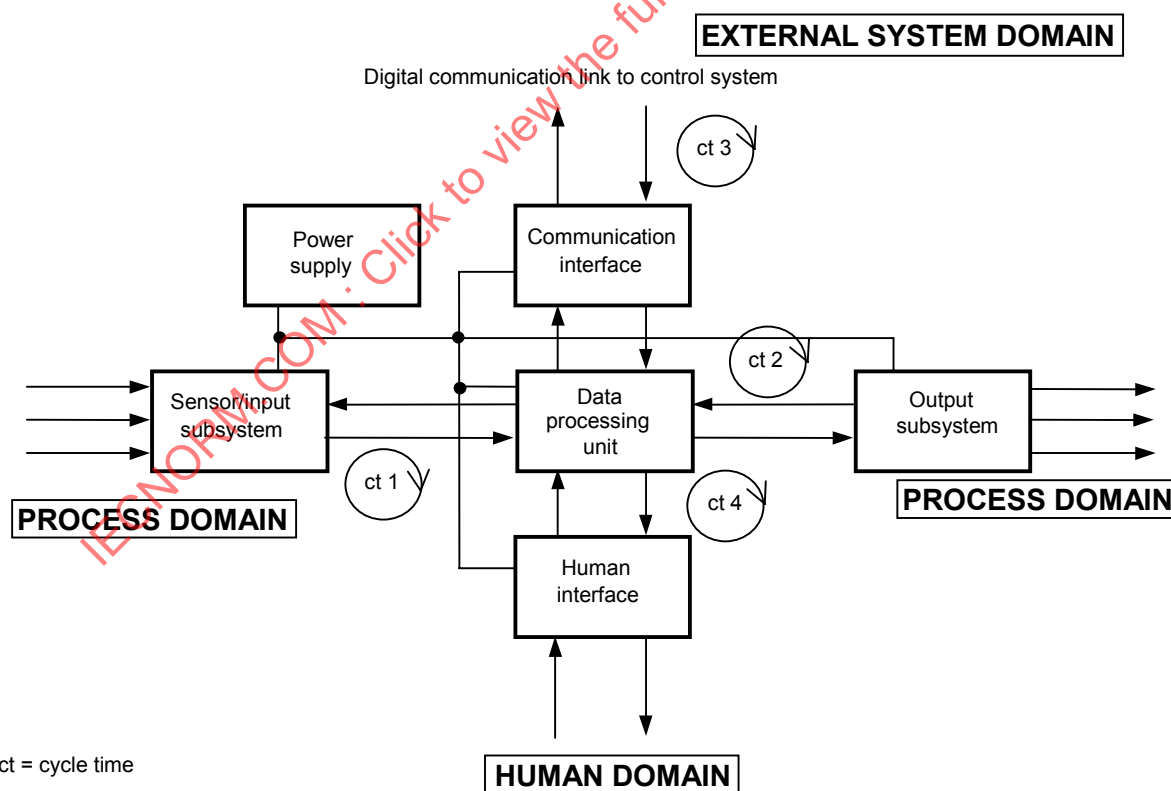


Figure 4 – Generic instrument model

L'instrument effectuera différentes tâches avec des priorités différentes dans la fenêtre temporelle disponible. Il convient que la conception permette le traitement de toutes les informations pertinentes dans les conditions les plus défavorables.

On doit noter qu'il peut exister des instruments ne fonctionnant pas avec une fenêtre temporelle fixe mais qui recommencent leur cycle après l'exécution de la dernière instruction. Des tâches spécifiques peuvent être réalisées grâce à un compte à rebours ou par interruptions.

4.1.1 Description de l'instrument

4.1.1.1 Sous-système de capteur (entrée)

Le sous-système de capteur/d'entrée convertit les signaux de mesure analogiques ou binaires (par exemple manostats) en signaux électriques qui sont conditionnés et convertis en informations numériques transmises ensuite à l'unité de traitement de données.

Les sous-systèmes de capteur peuvent être pourvus de plusieurs capteurs de nature différente (par exemple auxiliaires pour la compensation ou le diagnostic). On doit définir une installation de mesure adaptée pour chaque capteur.

Le sous-système de capteur peut être intégré dans une enveloppe avec les autres modules. Il peut également être situé à un autre endroit (par exemple densimètre, transmetteur de température à thermocouple). En fonction du principe de mesure utilisé, il est possible que l'ensemble capteur n'ait pas besoin d'alimentation auxiliaire (externe) (par exemple avec les thermocouples) ou qu'il ait besoin d'alimentation auxiliaire (par exemple jauges de contrainte) ou d'une source d'alimentation ayant des caractéristiques spécifiques (par exemple débitmètres électromagnétiques et de type Coriolis).

Comme il est en contact avec le milieu du processus, le capteur peut être influencé par les propriétés et les conditions du milieu et les conditions d'installation. S'il s'agit d'une unité située à distance, le capteur peut être soumis à des conditions d'environnement plus sévères. De plus, on doit décider s'il est nécessaire d'appliquer, au cours d'une évaluation, des conditions d'environnement et de processus combinées.

4.1.1.2 Unité de traitement des données

La fonctionnalité d'un instrument est déterminée par les fonctions de l'unité de traitement des données. L'unité de traitement des données reçoit les informations numérisées provenant du sous-système de capteur, des interfaces homme-machine et du système externe. Les informations traitées sont ensuite utilisées pour rafraîchir les flux de données en direction du sous-système de sortie et retournent aux interfaces homme-machine et externes. L'unité de traitement des données peut également commander l'alimentation des capteurs.

L'unité de traitement des données peut également être équipée d'une capacité de mémoire importante pour enregistrer les tendances des données de processus au cours du temps et la surveillance conditionnelle.

Les instruments à microprocesseur sont équipés de logiciels d'autotest plus ou moins élaborés et, dans certains cas, de capteurs de diagnostic pour maintenir automatiquement l'intégrité.

Le logiciel d'application, en particulier pour les automates, est souvent organisé comme une bibliothèque de blocs fonctionnels qui peuvent être utilisés pour fournir des fonctions de transfert spécifiques. Pour les instruments à microprocesseur à fonction unique, le logiciel utilisateur est moins élaboré.

4.1.1.3 Sous-système de sortie

Pour la commande de processus, le sous-système de sortie fournit des signaux de sortie électriques analogiques normalisés (mA, V) par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique/analogique, de signaux fréquentiels ou des trains d'impulsions, ou des signaux de sortie binaires (contact, porte électronique).

The instrument will have to perform various tasks with different priorities within the time frame available. The design should be such that all relevant information can be processed and provided under the most unfavourable conditions.

It shall be noted that instruments may exist that do not operate with a fixed time frame but restart their cycle after the last instruction is executed. Specific tasks may be run on a time countdown basis or by interrupts.

4.1.1 Instrument description

4.1.1.1 Sensor/input subsystem

The sensor/input subsystem converts the measurement signals, analogue or binary (e.g. pressure switches), into electrical signals which are conditioned and converted into digital information and then fed into the data processing unit.

These subsystems can also have several sensors of a different type (e.g. auxiliary for compensation or diagnostic purposes). For each sensor a suitable measurement equipment is required.

The subsystem may be integrated with the other modules in one enclosure. It can also be located remotely (e.g. densitometer, thermocouple transmitter). Depending on the measurement principle used, the sensor assembly may not require auxiliary (external) power (e.g. thermocouples) or it may require auxiliary power (e.g. strain gauges) or a specifically characterised power source (e.g. electromagnetic and Coriolis-type mass flowmeters).

As it is in contact with the process medium, the sensor may be influenced by medium properties, medium conditions and installation conditions. As a remote unit the sensor may also be subjected to more severe environmental conditions. Moreover, it shall also be considered whether it is necessary to apply combined environmental and process conditions during an evaluation.

4.1.1.2 Data processing unit

The functionality of an instrument is determined by the functions embedded in the data processing unit. The data processing unit receives the digitised information from the sensor subsystem, the human and the external system interfaces. The processed information is then used to refresh the information flows to the output subsystem and back to the human and external interfaces. The data processing unit may also control the power to sensors.

The data processing unit may also be equipped with extensive memory capacity for historic trends of process data and condition monitoring.

Microprocessor-based instruments are equipped with more or less extensive self-diagnostic software and in some cases with diagnostic sensors for automatically maintaining integrity.

The application software, in particular for controllers is often organised in a library of function blocks that can be used in any order to provide specific transfer functions. For single function microprocessor-based instruments, the user software is less extensive.

4.1.1.3 Output subsystem

For process control the output subsystem provides standardised analogue electrical output signals (mA, V) via a digital to analogue converter, frequency or pulse train signals or binary (contact, solid state) output signals.

4.1.1.4 Interface homme-machine

L'interface homme-machine fournit des moyens d'observation des variables de processus de manipulation et de réglage de certains paramètres. Dans le cas d'instruments simples, il peut s'agir d'un simple affichage numérique. Dans des instruments plus complexes, il peut s'agir d'un ensemble clavier/écran installé à demeure ou connectable pour lecture et accès opérateur.

4.1.1.5 Interface de communication

L'interface de communication fournit des moyens pour des communications en parallèle ou en série par une liaison de communication numérique vers un système d'acquisition de données, un système de commande distribué ou un terminal manuel pour lecture locale.

4.1.1.6 Ensemble d'alimentation

L'ensemble d'alimentation reçoit une alimentation non régulée en courant alternatif ou continu. Il fournit des tensions d'alimentation stabilisées et régulées et/ou des courants (soit c.a. soit c.c. soit une combinaison des deux) vers les différentes parties de l'instrument.

4.1.2 Liste des fonctions et attributs d'un instrument

En général, l'utilisateur d'un instrument n'est intéressé que par les fonctions globales des parcours de flux de données indiqués ci-dessus (de limite à limite). Cependant, s'il est possible de réaliser des mesures à l'intérieur de cette boîte noire, on doit en tenir compte. Si des problèmes apparaissent lors de l'évaluation de l'instrument, ces mesures peuvent apporter une aide importante pour identifier la cause et résoudre un défaut de conception éventuel. C'est pourquoi, compte tenu de la division en sous-systèmes d'un instrument présentée ci-dessus, il est nécessaire de détailler davantage les fonctions et leurs attributs pour obtenir une vue d'ensemble de leurs capacités.

On doit également avoir à l'esprit que le nombre de fonctions définies à évaluer a un impact sur la durée et les coûts d'une évaluation.

Le modèle de la figure 4 permet d'identifier les principaux groupes de fonction suivants:

- fonctions de mesure;
- fonctions de sortie;
- fonctions de traitement des données et de commande;
- fonctions de communication;
- fonctions d'interface homme-machine;
- fonctions de surveillance.

4.1.2.1 Fonctions de mesure

- Nombre des grandeurs à mesurer;
- Plages de mesures;
- Dispositifs de réglage (peut être résidant dans l'unité de traitement des données);
- Durées de cycle;
- Filtrage pour signaux électriques;
- Attributs des capteurs utilisés:
 - thermocouple, capteur de température à résistance, impulsions, jauge de contrainte, V, mA, etc.;
 - caractéristique: linéaire, logarithmique, quadratique, etc.;
 - auto-alimenté ou nécessitant une alimentation;
- Architecture éclatée (ensemble capteur séparé des autres sous-systèmes).

4.1.1.4 Human interface

The human interface provides means for observing the process variables and for manipulating and adjusting certain parameters. In simple instruments it may be only a numeric display. In more complex instruments it may be a fixed or a plug-in type keyboard/display unit for read-out and operator access.

4.1.1.5 Communication interface

The communication interface provides means for either parallel or serial communication by a digital communication link to a data acquisition system, a distributed control system or a hand terminal for local read-out.

4.1.1.6 Power supply assembly

The power supply assembly receives either an unregulated a.c. or d.c. supply voltage. It provides stabilised and regulated supply voltages and/or currents (either a.c. or d.c. or a combination) to the various parts of the instrument.

4.1.2 Listing of instrument functions and attributes

In general, an instrument user is only interested in the overall functions of the above-mentioned information flow routes (from boundary-to-boundary). However, when possibilities exist in the instrument to make measurements inside that black box, they shall be considered. If instrument problems arise during an evaluation, these measurements can be of great help in diagnosing the cause and curing possible design faults. Therefore, based on the above division of an instrument into subsystems, we need to further detail the functions and their attributes to obtain an overview of the capabilities.

It shall also be realised that the number of functions defined to be evaluated has an effect on the time required for an evaluation and the costs.

From the model of figure 4 the following main function groups can be identified:

- measurement functions;
- output functions;
- data processing and control functions;
- communication functions;
- human interface functions;
- supervisory functions.

4.1.2.1 Measurement functions

- Number of quantities to be measured
- Measurement ranges
- Adjustment options (may be resident in data processing unit)
- Cycle times
- Filtering for electrical signals
- Sensor attributes used:
 - thermocouple, resistance temperature detector (RTD), pulse rate, strain gauge, V, mA etc.;
 - characteristic: linear, logarithmic, quadratic, etc.;
 - self-powered or requiring power;
- Split architecture (sensor assembly separated from other subsystems).

4.1.2.2 Fonctions de sortie

- Nombre de voies de sortie
- Type de signaux de sortie:
 - analogique: électrique (mA, V), pneumatique, hydraulique
 - binaire: relais, circuits intégrés
 - impulsions (fréquence, amplitude, forme)
- Dispositifs de réglage
- Caractéristiques de charge (tension, courant, impédance de charge).

4.1.2.3 Fonctions de traitement des données et de commande

- Capacité de traitement combinée à une durée minimale de cycle
- Création de priorités entre tâches et définition des séquences
- Logiciel d'application, structure de bloc fonctionnel:
 - Blocs fonctionnels dépendant du temps:
 - commande (par exemple PID)
 - avance/retard
 - totalisateur, temporisateurs
 - limiteurs de vitesse
 - filtres de bande
 - Blocs fonctionnels indépendants du temps:
 - de calcul
 - polynômes
 - fonctions logiques
 - sélecteurs de niveaux logiques (haut/bas)
 - fonctions d'alarme (niveau haut, niveau bas, vitesse, écart)
 - fonctions statistiques
- Capacité de mémorisation de données.

4.1.2.4 Fonctions de communication

- Durée de cycle
- Transfert de données via une mémoire tampon
- Vitesse de transmission (capacité de transfert)
- Support de transmission.

4.1.2.5 Fonctions d'interface homme-machine

- Commande de la consigne: locale, à distance
- Commande de mode: auto/manuelle, cascade
- Relecture des enregistrements de tendance
- Surveillance conditionnelle (voir également fonctions de supervision)
- Commande de paramètres: PID, polarisation, plage de mesures, niveaux d'alarme.

4.1.2.2 Output functions

- Number of output channels
- Type of output signals
 - analogue: electrical (mA, V), pneumatic, hydraulic
 - binary: relay, solid state
 - pulse rate (frequency, amplitude, shape)
- Adjustment facilities
- Load rating (voltage, current, load impedance).

4.1.2.3 Data processing and control functions

- Processing capacity in combination with a minimum cycle time
- Task prioritisation and timing
- Application software, function block structure:
 - Time-dependent function blocks:
 - control (e.g. PID)
 - lead/lag
 - totalisers, timers
 - velocity limiter
 - bandfilters
 - Time-independent function blocks:
 - calculatory
 - polynomial
 - logical functions
 - hi/lo selectors
 - alarm functions (hi, lo, velocity, deviation)
 - statistical functions
- Data storage capacity.

4.1.2.4 Communication functions

- Cycle time
- Buffer size for data transfer
- Transmission speed (throughput)
- Transmission medium.

4.1.2.5 Human interface functions

- Setpoint control: local, remote
- Mode control: auto/manual, cascade
- Trend storage and replay
- Condition monitoring (see also supervisory functions)
- Parameter control: PID, bias, measurement range, alarm levels.

4.1.2.6 Fonctions de supervision

- Fonctions d'autotest avec vérifications pour:
 - défaillances internes (processeur, mémoires, transfert de données)
 - défaillance de communication
 - rupture de ligne d'alimentation, défaillance d'alimentation
 - prédiction de maintenance
- Fonction de configuration (de programmation): en ligne, hors ligne.

4.1.2.7 Fonction d'alimentation

- Electrique, pneumatique, hydraulique
- Filtrage, stabilisation, régulation.

4.1.2.8 Fonction d'interface d'environnement

La fonction d'interface d'environnement donne des mesures de protection contre les influences de l'environnement telles que:

- la température ambiante (par exemple la ventilation);
- les vibrations (par exemple les amortisseurs de vibrations passifs ou actifs);
- l'eau et la poussière (conception de l'enveloppe selon les classes IP de protection);
- les décharges électrostatiques (par exemple la peinture antistatique).

4.2 Instruments sur une liaison de communication numérique

Pour les besoins d'une évaluation, trois types d'instruments sont identifiés à la figure 5:

- les instruments de mesure;
- les automates de processus;
- les actionneurs intelligents.

Dans une telle configuration, les instruments de mesure n'ont pas nécessairement besoin d'un système de sortie qui délivre une valeur analogique. Par ailleurs, les actionneurs reçoivent les informations numériques pour commander les éléments terminaux.

Il est également vraisemblable que les fonctionnalités attendues ou réalisées dans chacun des trois types diffèrent de manière considérable d'un fabricant à l'autre.

Certains instruments de mesure assurent uniquement la fonction de mesure, tandis que d'autres instruments de mesure peuvent également intégrer une fonction de commande ou une fonction de supervision et envoyer leur signal de sortie par une liaison de communication numérique à l'ordinateur et/ou à un actionneur. Avec l'ordinateur, l'opérateur fournit les signaux de consigne des automates.

Les actionneurs peuvent également être équipés de la fonction d'automate.

L'automate de processus présenté à la figure 5 peut encore être équivalent aux instruments classiques.

Dans un système de communication numérique, on peut s'attendre à ce qu'il y ait des instruments qui n'aient pas d'installation locale pour la lecture et la manipulation des réglages des paramètres etc.

4.1.2.6 Supervisory functions

- Self-test functions with checks for:
 - internal failures (processor, memories, data transfer)
 - communication failure
 - line break, power failure
 - maintenance prediction
- Configuration (programming) function: offline, online.

4.1.2.7 Supply function

- Electrical, pneumatic, hydraulic
- Filtering, stabilisation, regulation.

4.1.2.8 Environmental interface function

The interface provides protective measures against environmental influences such as:

- ambient temperature (e.g. ventilation);
- vibration (passive or active dampers);
- water and dust (enclosure design as defined per IP-protection class);
- electrostatic discharge (anti-static paint).

4.2 Instruments on a digital communication link

For the purpose of an evaluation three types of instruments are identified in figure 5:

- measuring instruments;
- process controllers;
- intelligent actuators.

Measuring instruments in such a configuration do not necessarily need the output system that provides an analogue output. On the other hand, actuators receive digital information for controlling the final control elements.

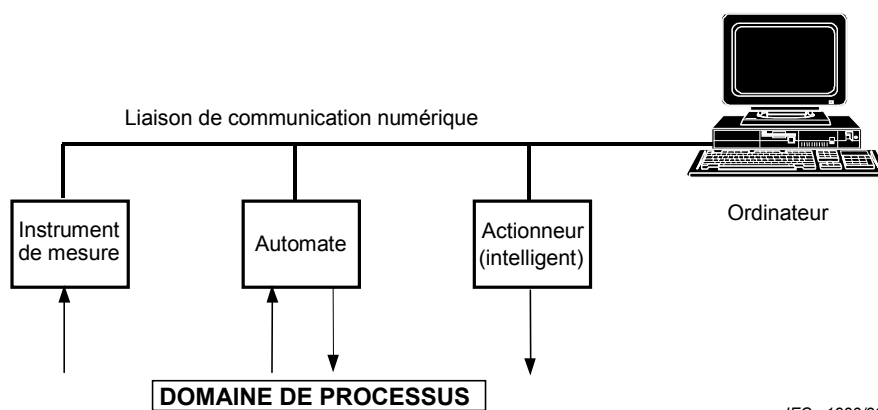
We can further expect that the functionality to be expected or realised in each of the three types can differ considerably from manufacturer to manufacturer.

Some measuring instruments provide only the measurement function, whereas other measuring instruments may include a control function or a supervisory function and send their output signal over the digital communication link to the computer and/or an actuator. The operator then provides the controller setpoints by means of the computer.

Actuators may be equipped with the controller function.

The process controller shown in figure 5 may be equivalent to classical instruments.

In a digital communication system, it can be expected that instruments will be supplied that have no facilities for local read-out and manipulation of parameter settings etc.



IEC 1833/2000

Figure 5 – Modèle générique de système avec une liaison de communication numérique

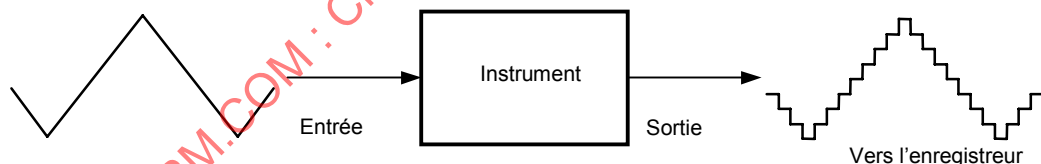
Il est recommandé que les systèmes de communication numérique soient utilisables universellement et il faut qu'ils soient capables d'accepter simultanément des instruments de marques différentes. Un système de communication numérique fonctionne de manière cyclique et il est donc par nature sensible à l'aspect temporel.

4.3 Identification des propriétés des instruments

4.3.1 Fonctionnement

La meilleure façon de vérifier le fonctionnement correct d'un instrument à microprocesseur consiste à utiliser un signal d'entrée variant de manière continue. Avec un signal d'entrée constant, l'essai peut donner des informations trompeuses. Les instruments peuvent se mettre en attente lorsqu'ils sont exposés à certaines conditions d'influence (d'essai).

Pour les instruments ayant une entrée électrique, l'essai peut être effectué comme suit. L'instrument reçoit un signal triangulaire à basse fréquence d'un générateur de signal externe (voir figure 6). La fréquence utilisée est égale à environ 0,1 fois la fréquence d'échantillonnage.



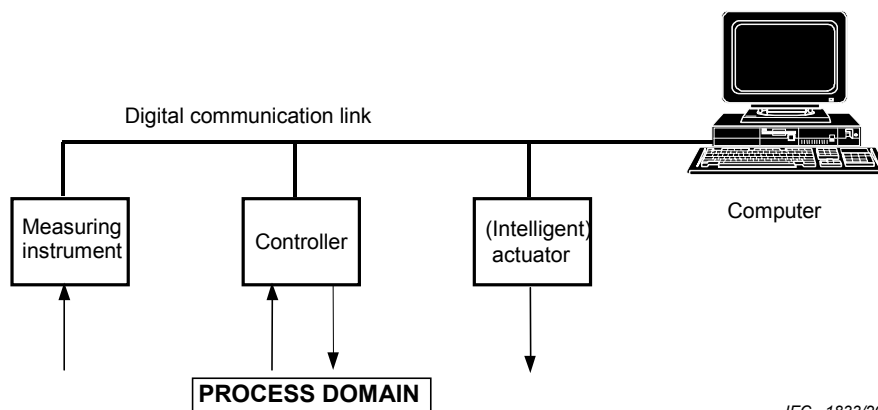
IEC 1834/2000

Figure 6 – Essai de vérification du fonctionnement

On enregistre les signaux d'entrée et de sortie de l'instrument. Cette «boucle d'essai» fonctionne en principe pendant toute l'évaluation. Elle constitue un outil pour la détection des défaillances telles que les pertes temporaires ou permanentes de signal de sortie, les conditions d'attente et les irrégularités dans la durée du cycle. Le comportement en temps réel peut être observé de cette manière pendant un cycle complet de l'automate.

Avec quelques modifications, on peut également utiliser cette méthode pour surveiller la communication entre un instrument et un système de niveau supérieur.

Dans les instruments à entrées et sorties numériques uniquement, on peut également vérifier le fonctionnement en configurant un bloc fonctionnel inverseur à l'intérieur de l'instrument. La valeur de sortie de cette fonction est renvoyée en entrée (voir figure 7).



IEC 1833/2000

Figure 5 – Generic model of a system with a digital communication link

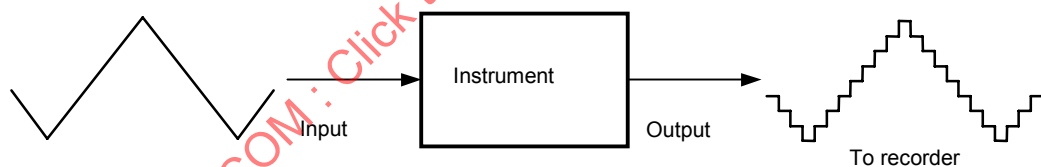
Digital communication systems should be universally applicable and must be able to support instruments from different makes simultaneously. A digital communication system operates cyclically and is thus inherently time-critical.

4.3 Identification of instrument properties

4.3.1 Functional operation

The correct functional operation of a microprocessor-based instrument can best be verified by using a continuously changing input signal. At a constant input signal the test may give misleading information. Instruments may turn into a hold condition when exposed to certain influencing (test) conditions.

For instruments with an electrical input the test can be done as follows. The instrument receives a low-frequency triangular signal from an external signal generator (see figure 6). The frequency used is approximately 0,1 times the sample frequency.



IEC 1834/2000

Figure 6 – Test for verifying functional operation

The input and output signals of the instrument are recorded. This “test loop” is in principle operating during the whole evaluation. It is a tool to detect failures such as temporary or permanent loss of output signal, hold conditions and irregularities in cycle time. The real time behaviour can be observed in this way down to one cycle time of the controller.

With some modification, this method can also be used for monitoring communication between an instrument and a higher level system.

In instruments with digital inputs and outputs only, functional operation can also be verified by configuring in the instrument an inverter function block. The output of that function is fed back to the input (see figure 7).

La sortie va se mettre en circuit et hors circuit à la fréquence d'échantillonnage. On peut enregistrer la valeur de sortie.

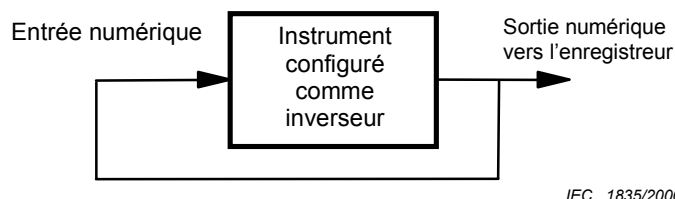


Figure 7 – Essai de vérification du fonctionnement

4.3.2 Essais des blocs fonctionnels

Les instruments à microprocesseur et les automates de processus possèdent une «bibliothèque» d'algorithmes plus ou moins normalisés, souvent appelés blocs fonctionnels. Lorsqu'on les réunit dans un certain ordre et qu'on les relie aux circuits physiques d'E/S, ils peuvent être utilisés pour réaliser toutes sortes de traitements de données et de fonctions de commande. Il existe une grande variété de blocs fonctionnels en particulier pour les automates. Chaque fabricant peut avoir son propre jeu d'algorithmes et, bien que les mêmes noms apparaissent souvent, les algorithmes peuvent parfois présenter des différences considérables. Le paragraphe 4.3.2.1 donne certaines règles génériques pour la conception de procédures d'essai.

Les blocs fonctionnels peuvent être divisés en deux groupes:

- les fonctions dépendantes du temps (totalisateurs, automates, temporisateurs, avance/retard);
- les fonctions indépendantes du temps qui, à leur tour, peuvent être subdivisées en
 - blocs de calcul,
 - blocs logiques (et, ou, etc.).

Pour les deux types de blocs fonctionnels, on peut effectuer les vérifications qualitatives suivantes:

- vérification du bon fonctionnement des conditions de redémarrage à la suite de micro-coupures d'alimentation pour les sorties et les modes de commande, le cas échéant;
- vérification des effets de l'introduction de paramètres négatifs;
- vérification du passage de manuel en automatique sans à-coups et des dispositifs d'observation des réglages;
- vérification des sorties de commandes manuelles.

4.3.2.1 Blocs fonctionnels dépendants du temps

Pour les blocs fonctionnels dépendants du temps avec des facteurs intégrateurs, des mesures sur de longues périodes peuvent être nécessaires pour révéler le comportement réel dans le temps. Il est possible que chaque bloc fonctionnel nécessite un essai spécifique. Les algorithmes linéaires peuvent être essayés avec un essai de réponse en fréquence, un essai de réponse à un échelon, à une rampe ou à une impulsion. Les différentes réponses mesurées des blocs fonctionnels dépendants du temps seront comparées avec les réponses réelles calculées pour les équations différentielles spécifiées. Il peut aussi être nécessaire de prendre en compte les équations différentielles des éventuels filtres matériels dans les circuits d'entrée.

Les algorithmes de commande non linéaires peuvent être essayés en boucle fermée avec des processus de référence pour mettre en évidence leurs possibilités.

The output will then be switching on and off at the sample frequency. The output can be recorded.

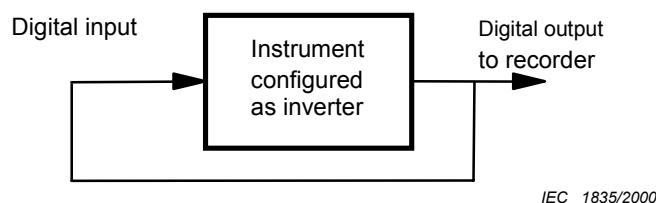


Figure 7 – Test for verifying functional operation

4.3.2 Function block testing

Microprocessor-based instruments and process controllers are provided with a “library” of more or less standardised algorithms, often called function blocks. Put together in a certain order and connected to the physical I/O-circuits, they can be used to realise all kinds of data processing and control functions. The variety of function blocks will be large, in particular for controllers. Each manufacturer may have his own set and though often the same names appear, the algorithms may show significant differences. Subclause 4.3.2.1 gives some generic rules for designing test procedures.

The function blocks can be divided into two groups:

- time-dependent functions (totalisers, controllers, timers, lead/lag);
- time-independent functions, which can again roughly be divided into
 - calculatory blocks;
 - logic blocks (and, or, etc.).

For both types of function blocks, the following qualitative checks can be performed:

- restart conditions after short-duration power interruptions will be checked for correct operation for outputs and control modes as far as provided;
- the effects of introducing negative parameters will be checked;
- bumpless transfer from manual-to-automatic and setpoint tracking facilities will be checked;
- manual output control facilities will be checked.

4.3.2.1 Time-dependent function blocks

For time-dependent function blocks with integrating factors, measurements over extended periods may be required to reveal the actual time behaviour. Each function block may require a specific test. Linear algorithms may be tested with a frequency response test, a step test or a ramp or pulse test. The various measured responses of the time-dependent function blocks will be compared with the actual responses calculated for the specified differential equations. The differential equations of possible hardware filters in the input circuits may also have to be taken into account.

For non-linear control algorithms, closed loop testing with some benchmark processes may show their capabilities.

Pour les algorithmes de commande (PID) qui ont une action intégrale, les essais suivants doivent également être effectués.

- La mise à zéro de l'intégration par action sur la protection contre la saturation est en général disponible sous une forme logicielle permettant de régler les limites de la sortie du bloc fonctionnel. On doit néanmoins vérifier qu'il existe une adaptation automatique de la protection logicielle contre la saturation en fonction des limites physiques des circuits matériels de sortie. Dans le cas contraire, la protection contre la saturation peut être partielle ou inefficace.
- La résolution avec laquelle l'action intégrale est calculée sera vérifiée. En cas de résolution trop faible, l'action intégrale deviendra inactive bien qu'un écart puisse encore exister entre le point de consigne et la valeur mesurée.

4.3.2.2 Blocs fonctionnels indépendants du temps

Pour les blocs fonctionnels de calcul et les autres blocs indépendants du temps, on doit également examiner les points suivants.

- Déterminer dans quelle mesure les calculs sont effectués en unités scientifiques et comment la mise à l'échelle est réalisée aux liaisons avec les circuits d'E/S.
- Déterminer s'il y a une protection contre la division par zéro et comment elle est réalisée.
- Déterminer s'il y a une protection contre les réglages de paramètres irréalistes (par exemple limite basse supérieure à la limite supérieure).
- Déterminer quels sont les effets du dépassement de la résolution des capacités de calcul (précision simple ou double). Une méthode de calcul inefficace peut causer des erreurs considérables.
- Déterminer quel est le comportement aux limites. Des calculs réels sont effectués aux limites des réglages des valeurs d'entrée et des paramètres et comparés aux formules théoriques.

4.3.3 Précision

Les valeurs concernant la précision sont largement déterminées par la précision des circuits qui, dans un parcours de flux de données, fournissent les conversions analogique-numérique et numérique-analogique. D'autres circuits (numériques) d'un parcours de flux de données affectent la précision par des effets prédéterminés sur la résolution des signaux.

L'évaluation de la précision peut encore être en grande partie réalisée selon la CEI 60770 et la CEI 61298.

4.3.4 Réactivité

4.3.4.1 Temps de réponse

Les mesures classiques à un échelon et les mesures de réponse en fréquence restent valables pour les instruments simples et peuvent être réalisées comme indiqué dans la CEI 61298, la CEI 60770-1 et la CEI 60546. Pour les mesures de réponse en fréquence, l'essai doit être arrêté à une fréquence qui ne soit pas supérieure à 0,5 fois la fréquence d'échantillonnage de l'instrument. On doit vérifier si l'instrument est équipé d'un filtre anti-repliement qui empêche les fréquences supérieures à deux fois la durée de cycle d'entrer dans l'instrument.

Pour ces mesures, la personne chargée de l'évaluation doit s'assurer que la tâche principale n'est pas influencée par d'autres tâches (voir 4.3.4.2).

4.3.4.2 Capacité de transfert

Le concept de capacité de transfert est exposé dans la CEI 61069-4.

For control algorithms (e.g. PID) having an integral action, the following tests shall also be carried out.

- The reset wind-up protection (protection against saturation effects) is in general a software provision available by setting function block output limits. Whether automatic adaptation of the software wind-up protection is provided with respect to the physical limitations of the hardware output circuits shall however be checked. If not, real reset wind-up protection may be partial or ineffective.
- The resolution with which the integral action is calculated will be checked. In the case of too small a resolution, the integral action will become inactive although a deviation may still exist between the setpoint and the measured value.

4.3.2.2 Time-independent function blocks

For calculatory and time-independent function blocks, the following checks also have to be made.

- Determine to what extent calculations are performed in engineering units and how scaling is done at the connections to I/O circuits.
- Determine the protection provided against division by zero and how it is realised.
- Determine the protection provided against unrealistic parameter settings (such as low limit exceeding high limit).
- Determine the effects of exceeding the resolution of the calculation capacity (single or double precision). An inefficient method of calculation may cause considerable errors.
- To determine the effects of extreme values; some actual calculations at extreme inputs and parameter settings are performed and compared with the theoretical formula.

4.3.3 Accuracy

The values of accuracy in an information flow route are determined by the accuracy of the analogue circuitry as well as the analogue-to-digital and digital-to-analogue circuitry. Other (digital) circuits in an information flow route have predetermined resolution effects on the accuracy.

The evaluation of accuracy may still be performed as described in IEC 60770 and IEC 61298.

4.3.4 Responsiveness

4.3.4.1 Response time

The classical step and frequency response measurements are still valid for single instruments and can be performed using the methods described in IEC 61298, IEC 60770-1 and IEC 60546. For frequency response measurements, the test shall be stopped at a frequency not higher than 0,5 times the sample frequency of the instrument. It shall be checked if the instrument is provided with an anti-aliasing filter that prevents frequencies exceeding two times the cycle frequency to enter the instrument.

For these measurements the evaluator shall make sure that the main task is not influenced by other tasks (see 4.3.4.2)

4.3.4.2 Throughput

The concept of throughput is discussed in IEC 61069-4.

Le terme «capacité de transfert» est un terme qui s'applique ici au transfert d'informations par unité de temps dans les parcours de flux de données principaux des systèmes multitâches comme les instruments à microprocesseur simples, les automates et une liaison de communication numérique. La capacité de transfert dépend en grande partie des durées de cycle qui existent dans un instrument et un système de communication numérique. Les essais de capacité de transfert sont réalisés en modifiant la «charge logicielle», en augmentant les tâches par ajout de nouvelles sous-tâches dans la mesure du possible. La capacité de transfert peut également être influencée de manière temporaire par des tâches spécifiques (traitement d'alarmes, téléchargement de nouveaux paramètres, demande de données de configuration).

L'opportunité et le détail des essais de capacité de transfert à réaliser doivent être décidés au cas par cas et peuvent dépendre de la complexité du système multitâche intégré. Elle peut également dépendre du caractère critique de l'instrument et de la liaison de communication numérique pour la commande et la sécurité de processus. Pour les essais de capacité de transfert, il est essentiel de définir et de s'accorder sur une charge minimale que l'on appelle charge de base. Toutes les mesures en charge accrue doivent être rapportées aux mesures de référence en charge de base.

Un scénario réaliste pour les essais de capacité de transfert peut nécessiter un système de bus complètement chargé par des instruments. De plus, la mise en œuvre des essais de capacité de transfert nécessite une compréhension de la conception pour éviter des essais non nécessaires et inutiles.

Deux types principaux de surcharge peuvent apparaître dans les systèmes de communication numérique:

- la surcharge de l'automate (ou d'instrument) en tant qu'unité indépendante;
- la surcharge de communication provenant de tous les instruments d'un système.

4.3.5 Sûreté de fonctionnement

4.3.5.1 Essai complet de sûreté de fonctionnement

L'évaluation de la sûreté de fonctionnement n'est pertinente que dans le cas d'instruments ayant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:

- moyens d'autotests;
- parties redondantes;
- une interface de communication pouvant être connectée à une liaison de communication numérique.

Les propriétés de sûreté de fonctionnement qui doivent être soumises à des essais sont les suivantes: disponibilité, maintenabilité, intégrité et sécurité (voir la CEI 61069-5). Elles sont partiellement testées en introduisant des défaillances isolées dans un instrument en fonctionnement. Les types de défaillances à introduire sont décrits en 4.4. Si nécessaire, le programme peut être étendu à une seconde défaillance si une défaillance n'est pas détectée ou en cas de défaillances intermittentes.

Les quatre questions génériques suivantes sont essentielles pour la vérification d'un instrument et du comportement du système de communication numérique lorsqu'ils subissent des défaillances internes. Pour un système spécifique, ces questions doivent être encore plus détaillées pour tenir compte de la conception du système.

1) Les fonctions de l'instrument et du système de communication numérique sont-elles affectées ?

[le fonctionnement décrit en 4.3.1 sera vérifié dans le cadre de la disponibilité de la fonction]

Throughput is a term that deals with information transfer per time unit in the main information flow routes in operating multitasking systems such as single microprocessor instruments, controllers and a digital communication link. Throughput depends largely on the cycle times that exist in an instrument and a digital communication system. Throughput testing is realised by changing the “software load” by enlarging the tasks by adding new subtasks as far as possible. Throughput may also be influenced temporarily by specific tasks (handling of alarms, download of new parameters, request for configuration data).

The relevance and depth to which throughput testing needs to be performed shall have to be decided per case and may depend on the complexity of the embedded multitasking system. It may also depend on the criticality of the instrument and the digital communication link for process control and safety. For throughput testing, it is essential to define and agree on a minimum load to be called the base load. All measurements at increased load are to be related to the reference measurements at base load.

A realistic scenario for throughput testing may require a digital communication link fully loaded with instruments. Moreover, setting up throughput tests requires an understanding of the design in order to avoid unnecessary and useless tests.

Two main types of overloading can appear in digital communication systems:

- controller (instrument) overloading as a stand-alone unit;
- communication overloading from all instruments in a system.

4.3.5 Dependability

4.3.5.1 Integral dependability test

Evaluation of dependability is only relevant for instruments that have one or more of the following features:

- provisions for self-testing;
- redundant parts;
- a communication interface suitable for connection to a digital communication link.

The dependability properties to be tested are: availability, maintainability, integrity and security (see IEC 61069-5). These are partly tested by introducing single failures in an operating instrument. The types of failures to be introduced are described under 4.4. If required, the programme can be extended with a second failure, in case a failure is not detected, or with intermittent failures.

The following four generic questions are essential for checking the instrument and the digital communication system behaviour when stressed by internal failures. For a specific system, these questions have to be further detailed, taking into account the design of the system.

1) Are the instrument and digital communication system functions affected?

[functional operation described under 4.3.1 will be checked for function availability]

2) L'instrument et le système de communication émettent-ils un rapport sur les défaillances? [intégrité]

- a) automatiquement par diagnostics en ligne dans un temps acceptable? Sinon:
- b) automatiquement par un essai périodique? Sinon:
- c) par une demande manuelle par diagnostics hors ligne?
- d) le rapport apparaît sur
 - les écrans des opérateurs?
 - les écrans de maintenance?

3) L'instrument ou le système de communication numérique prennent-ils des mesures de protection à la suite des défaillances? [sécurité]

- a) pour continuer à fonctionner en utilisant les parties redondantes?
- b) pour continuer à fonctionner (de manière dégradée) en utilisant des dispositifs de sauvegarde?
- c) pour assurer le confinement des défaillances?
- d) pour s'arrêter en cas d'incapacité à continuer à fonctionner en sécurité?

4) La réparation en ligne est-elle possible sans affecter le fonctionnement du système de communication numérique? [maintenabilité, sécurité]

- a) le rapport de défaillance donne-t-il des informations correctes pour l'échange de la partie défaillante ou de l'instrument?
- b) les parties défectueuses peuvent-elles être changées sans affecter le système de communication numérique?
- c) quels sont les outils nécessaires pour réparer?
- d) est-ce qu'un module réparé est redémarré automatiquement et mis en ligne après échange?
- e) est-ce que le fonctionnement du système de communication numérique est affecté par le redémarrage et la remise en ligne du module réparé?

4.3.5.2 Intégrité

Il est recommandé que les fonctions d'autodiagnostic fournies dans un instrument soient d'abord analysées. Les vérifications appropriées peuvent être les suivantes.

- Vérifier si les messages de défaillance sur les écrans des instruments et les autres écrans du système de communication numérique sont corrects et cohérents.
- Vérifier l'importance des délais entre l'apparition de défaillances et le rapport ou la commutation vers les parties redondantes.
- Vérifier, le cas échéant, les intervalles entre essais périodiques. Les essais périodiques sont-ils activés de manière automatique; peuvent-ils être activés manuellement.
- Vérifier si le logiciel d'autodiagnostic est accessible pour l'utilisateur ou s'il peut être configuré par celui-ci.

4.3.5.3 Maintenabilité

- La personne chargée de l'évaluation doit indiquer quels sont les outils nécessaires pour la maintenance sur site par l'utilisateur et s'il s'agit d'outils spéciaux.
- Des bracelets antistatiques sont-ils nécessaires contre les décharges électrostatiques pendant la maintenance ?
- Comment les instruments ou les parties qui ont fait l'objet d'un échange sont-ils repérés/initialisés par le système de communication numérique après l'échange ?
- On doit noter la méthode d'identification visuelle des éléments pouvant être changés et la durabilité des étiquettes, marques, etc. face à l'usure, à l'humidité, etc.

2) Do the instrument and communication system report the failures ? [integrity]

- a) automatically by on-line diagnostics in an acceptable time ? if not:
- b) automatically by a periodic test ? if not:
- c) by manual request through off-line diagnostics ?
- d) does reporting appear on:
 - operator displays ?
 - maintenance displays ?

3) Does the instrument or digital communication system take protective measures upon failures ? [security]

- a) to continue operation by means of redundant parts ?
- b) to continue (degraded) operation by means of back-up facilities ?
- c) to provide failure isolation) ?
- d) to provide a shutdown when unable to continue safe operation ?

4) Is on-line repair possible without affecting the digital communication system operation ? [maintainability, security]

- a) does the failure report give correct information for exchange of failed part or instrument ?
- b) can defective parts be exchanged without affecting the digital communication system ?
- c) which tools are required for repair ?
- d) is the repaired module automatically restarted and put on-line after exchange ?
- e) is the operation of the digital communication system affected by restart and coming on-line of repaired module ?

4.3.5.2 Integrity

The self-diagnostic functions provided in an instrument should first be analysed. Relevant checks may include the following.

- Check if failure messages on instrument displays and other displays in the digital communication system are correct and consistent.
- Check for considerable lapse of time between occurrence of failures and reporting or switchover to redundant parts.
- Check intervals for periodic tests, if provided. Are periodic tests automatically activated; can they be activated manually.
- Check if self-diagnostic software is user-accessible or user-configurable.

4.3.5.3 Maintainability

- The evaluator shall indicate what tools are required for field maintenance by the user and whether these are special tools.
- Are wrist straps required against electrostatic discharges during maintenance ?
- How are exchanged instruments or parts identified/initialised by the digital communication system after exchange ?
- The method of visible identification of exchangeable items and the durability of labels, tags, etc. against wear, moisture, etc. shall be noted.

4.3.5.4 Confidentialité

- Quels sont les outils fournis pour accéder à l'instrument (clé, mot de passe) ?
- Les niveaux de confidentialité sont-ils fixes ou configurables par l'utilisateur ?

4.3.6 Exploitabilité

Les propriétés concernant l'exploitabilité ainsi que les aspects à tester et à commenter sont les suivants:

- nature et structure des dispositifs humains d'entrée/sortie, tant en local qu'à travers des systèmes externes;
- caractéristiques et efficacité de ces dispositifs (lisibilité des affichages, commandes de l'opérateur, procédures auto-explicatives, etc.) dans les conditions d'exploitations et d'environnement diverses;
- facilité de l'accès aux commandes locales (boutons-poussoirs) et au système externe d'interfaçage;
- robustesse, en tant qu'aptitude d'un instrument à empêcher et résister à l'exécution par les opérateurs et le personnel de maintenance de procédures incorrectes et partielles.

4.3.7 Propriétés non relatives à la tâche

Les propriétés non relatives à la tâche sont celles qui ne se rapportent pas directement aux fonctionnalités présentées aux figures 3 et 4. Elles sont toutefois d'importance pour l'utilisation correcte d'un instrument. Les points à prendre en considération sont les suivants:

- propriétés physiques (telles que consommation en énergie, poids, encombrement, robustesse mécanique, émissions (électromagnétique, chaleur, bruit, lumière, matière dangereuse));
- classification d'environnement selon la CEI 60654 ou la CEI 60721 (impact possible sur le choix des sévérités des niveaux d'essais au paragraphe 4.4);
- documentation et identification de l'instrument;
- formation.

4.4 Conditions d'influence et essais

4.4.1 Domaine du processus

Ce domaine concerne les perturbations entrant dans un instrument par le câblage vers les circuits d'E/S:

- mise à la terre des lignes de signaux E/S;
- variation de charge de sortie;
- impédance de ligne;
- entrées et sorties en circuits ouverts;
- entrées et sorties court-circuitées;
- dépassement de la plage des grandeurs d'entrée;
- interférence en mode commun;
- interférences en mode série;
- influences électromagnétiques (conduites);
- résistance d'isolement.

Pour avoir plus de détails concernant les essais mentionnés ci-dessus, on doit consulter la CEI 61298.

4.3.5.4 Security

- What tools are provided to give access to the instrument ? (key, password)
- Are security levels fixed or user-configurable ?

4.3.6 Operability

Operability properties and aspects to be tested and commented on are as follows:

- nature and structure of human I/O facilities, both local and through external systems;
- performance and effectiveness of the human I/O facilities (readability of displays, operator keys, self-explaining procedures, etc.) under the various operational and environmental conditions;
- ease of access through local controls (pushbuttons) and the external system interface;
- robustness as the degree to which an instrument prevents and withstands incorrect and partial performance of procedures by operators and maintenance personnel.

4.3.7 Non-task-related properties

Non-task-related properties are properties that are not directly related to the intended functionality as shown in the figures 3 and 4. They can however be important for correctly using an instrument. Matters to be considered are as follows:

- physical properties (such as power consumption, weight, space required, mechanical robustness, emissions (electromagnetic, heat, noise, light, poisonous matter));
- environmental classifications according to IEC 60654 or IEC 60721 (may have an impact on choice of test severity levels in chapter 4.4);
- documentation and instrument identification;
- training.

4.4 Influencing conditions and related tests

4.4.1 Process domain

This domain considers the disturbances entering an instrument via wiring to the I/O circuits:

- earthing I/O signal lines;
- output load variation;
- line impedance;
- open circuited input and output circuits;
- short-circuited input and output circuits;
- input overranging;
- common mode interference;
- series mode interference;
- electromagnetic influences (conducted);
- insulation resistance.

For details on the above-mentioned tests, IEC 61298 shall be consulted.

Les essais suivants qui ne sont pas traités dans la CEI 61298 sont ajoutés à ce domaine:

- effets des propriétés du milieu du processus;
- effets des conditions du milieu du processus;
- effet des conditions d'installation.

Ces essais ne sont pertinents que lorsque l'ensemble capteur est utilisé dans l'évaluation. On doit réaliser que ces essais peuvent exiger des équipements et des matériaux d'essai coûteux et diversifiés. De longues durées d'essai peuvent être nécessaires pour assurer la qualité de ces essais. Pour certains instruments (par exemple débitmètres, analyseurs), d'autres normes de produits de la CEI ou de l'ISO peuvent être consultées.

4.4.1.1 Effet des propriétés du milieu du processus

En fonction de la grandeur physique à mesurer et du principe de mesure utilisé, on peut étudier l'influence des propriétés suivantes:

- densité;
- conductivité;
- perméabilité magnétique;
- viscosité;
- corrosivité;
- transparence;
- constante diélectrique;
- compressibilité;
- dilatation thermique;
- composition (chimique/physique);
- vitesse du son.

Les niveaux de sévérité pour ces essais doivent être définis de manière plus détaillée, en tenant compte des objectifs d'évaluation au moment de la mise en œuvre de l'évaluation.

4.4.1.2 Effet des conditions du milieu de processus

En fonction de la grandeur physique à mesurer et du principe de mesure utilisé, on peut étudier l'influence des propriétés suivantes:

- pression;
- température;
- milieu (solide, liquide, gazeux);
- fluides en deux phases (liquide/gaz ou liquide/solide);
- pollution du milieu provoquant des interférences de signaux;
- débit (élevé, faible, fluide au repos).

Les niveaux de sévérité pour ces essais doivent être définis de manière plus détaillée, en tenant compte des objectifs d'évaluation au moment de la mise en œuvre de l'évaluation.

The following tests not considered in IEC 61298 are added to this domain:

- effects of process medium properties;
- effects of process medium conditions;
- effect of installation conditions.

These tests are only relevant when the sensor assembly is involved in the evaluation. It shall be realised that these tests may require expensive and versatile test equipment and materials. Their performance may require long testing times. For certain instruments (i.e. flowmeters, analysers) other product-related IEC or ISO standards may be consulted.

4.4.1.1 Effect of process medium properties

Depending on the physical quantity to be measured and the measuring principle used, the influence of the following properties can be considered:

- density;
- conductivity;
- magnetic permeability;
- viscosity;
- corrosiveness;
- transparency;
- dielectric constant;
- compressibility;
- thermal expansion;
- chemical/physical composition;
- sound velocity.

The severity levels for these tests have to be defined in detail, taking into account the evaluation objectives when setting up the evaluation.

4.4.1.2 Effect of process medium conditions

Depending on the physical quantity to be measured and the measuring principle used, the influence of the following conditions can be considered:

- pressure;
- temperature;
- medium (solids, liquids, gas);
- two-phase fluids (liquid/gas or liquid/solids);
- medium pollution causing signal interference;
- flow rate (high, low, fluid in rest).

The severity levels for these tests have to be defined in detail, taking into account the evaluation objectives when setting up the evaluation.

4.4.1.3 Effet des conditions d'installation

En fonction de la grandeur physique à mesurer et du principe de mesure utilisé, on peut étudier l'influence des propriétés suivantes:

- position de montage de l'ensemble capteur;
- perturbations du profil de débit (en particulier pour les débitmètres) causées par les valves en amont, la géométrie des tuyaux (coude d'espacement, coude en T, coude, brusques changements de diamètre, tous avec une configuration acceptée, etc.);
- courant électrique à travers le milieu du processus;
- structure de couche dans ou sur l'ensemble capteur;
- degré d'isolement contre la chaleur;
- contrainte mécanique sur les connexions des tuyaux;
- garniture obstruant partiellement les tuyaux.

Les niveaux de sévérité pour ces essais doivent être définis de manière plus détaillée, en tenant compte des objectifs d'évaluation au moment de la mise en œuvre de l'évaluation.

4.4.2 Domaine d'alimentation

Ce domaine traite les perturbations qui entrent dans un instrument par ses connexions d'alimentation:

- variations de la tension d'alimentation (tension et fréquence);
- baisse de la tension d'alimentation;
- interruptions de l'alimentation;
- influences électromagnétiques (conduites);
- inversion de la tension d'alimentation;
- résistance d'isolement;
- rigidité diélectrique.

4.4.3 Domaine d'environnement

Ce domaine traite des perturbations qui entrent dans un système de commande principalement à travers ses enveloppes:

- essai à température ambiante (sec);
- taux de changement de température;
- essai de chaleur humide (humidité);
- influences électromagnétiques:
 - décharges électrostatiques;
 - brouillage radioélectrique (rayonné);
 - perturbations provoquées par un champ magnétique;
- influences mécaniques (par exemple, vibrations, choc mécanique);
- attaque biologique;
- atmosphère corrosive;
- pression atmosphérique.

Pour plus de détails concernant les essais ci-dessus, la CEI 61298 doit être consultée.

4.4.1.3 Effect of installation conditions

Depending on the physical quantity to be measured and the measuring principle used, the influence of the following installation conditions can be considered:

- mounting position of the sensor assembly;
- flow profile disturbances (specifically for flowmeters) caused by upstream valves, piping geometry (space bend, T-bend, elbow, abrupt diameter changes all with agreed geometry, etc.);
- electrical current through process medium;
- layer built-up in or on the sensor assembly;
- degree of heat insulation,
- mechanical stress on piping connections,
- packing partly obstructing piping.

The severity levels for these tests have to be defined in detail, taking into account the evaluation objectives when setting up the evaluation.

4.4.2 Utility domain

This domain considers disturbances that enter an instrument through its power supply connections:

- supply voltage variations (voltage and frequency);
- power supply voltage depression;
- power supply interruptions;
- electromagnetic influences (conducted);
- power supply voltage reversal;
- insulation resistance;
- dielectric strength.

4.4.3 Environmental domain

This domain considers disturbances that enter a control system mainly through its enclosures:

- ambient temperature (dry);
- rate of change of temperature;
- damp heat (humidity);
- electromagnetic influences:
 - electrostatic discharges;
 - radio-frequency interference (radiated);
 - magnetic field interference;
- mechanical influences (e.g. vibrations, mechanical shock);
- biological attack;
- corrosive atmosphere;
- atmospheric pressure.

For details on the above-mentioned tests, IEC 61298 shall be consulted.

4.4.4 Domaine temporel

Ce domaine traite des perturbations et de la dégradation des performances dues au temps:

- démarrage;
- vieillissement (utilisation à long terme avec des entrées en régime établi, usure).

Pour plus de détails concernant les essais mentionnés ci-dessus, on doit consulter la CEI 61298.

4.4.5 Domaine humain

Ce domaine traite de l'utilisation erronée involontaire de l'instrument par les opérateurs et le personnel de maintenance. Pendant cette partie de l'évaluation, le fabricant doit être présent sur le site d'essai pour apporter son aide, pour expliquer le comportement inattendu et pour avertir des risques d'essais destructifs.

4.4.5.1 Fausse manœuvre

La protection contre l'utilisation incorrecte et les tentatives non autorisées d'accès aux instruments nécessite des mesures de confidentialité suffisantes lors de la conception. Cet essai est nécessaire pour montrer le degré de protection inhérent à l'instrument contre ces actions. Cela est particulièrement important lorsque l'instrument peut être intégré à un système de communication numérique ou s'il est accessible par des terminaux manuels ou des ordinateurs.

4.4.5.1.1 Paramètres à prendre en compte

- Utilisation de codes/commandes incorrects pour appeler des affichages, des boucles de régulation, des codes repères, des périphériques, des programmes.
- Opérations aléatoires au clavier, sur écran tactile, etc.
- Création de conditions d'excès de flux avec les claviers et d'autres dispositifs d'entrée de données des opérateurs en introduisant, dans un court laps de temps, une quantité importante de commandes.
- Tentatives d'accès non autorisé: par exemple par utilisation de commandes inhibées ou forcées pour la manipulation de l'instrument et blocage par des moyens mécaniques (verrouillage clavier, etc.).

4.4.5.1.2 Conditions initiales

Avant d'introduire une erreur opérateur (mauvaise manœuvre), l'instrument doit être réglé en mode de fonctionnement normal sans défaillance ou indication de défaillance. On doit faire fonctionner l'instrument avec un signal d'entrée triangulaire comme décrit en 4.3.1.

4.4.5.1.3 Observations

- Perte temporaire ou continue de fonctionnement de l'instrument ou de la liaison de communication numérique.
- Apparition et mémorisation de messages d'avertissement et d'alarmes.
- Distorsion des messages ou des affichages.
- Apparition de données incorrectes sur les affichages.
- L'erreur cause-t-elle des dommages ?

4.4.4 Time domain

This domain considers disturbances and degradation of performance caused by time:

- starting up;
- ageing (long term operation at steady input, wear-out).

For details on the above-mentioned tests, IEC 61298 shall be consulted.

4.4.5 Human domain

This domain considers inadvertent erroneous use of the instrument by operators and maintenance personnel. During this part of an evaluation, the manufacturer shall be present at the test site to provide support, to explain unexpected behaviour and to warn for damaging tests.

4.4.5.1 Misoperation

Protection against incorrect use and unauthorised attempts to access instruments requires sufficient security measures in the design. Testing is needed to demonstrate the degree of protection inherently provided by the instrument against these actions. This is particularly important when the instrument can be integrated in a digital communication system or is accessible via hand terminals or computers.

4.4.5.1.1 Parameters to be considered

- Use of incorrect codes/commands for calling-up displays, control loops, tagcodes, peripherals, programmes.
- Random operations at keyboard, touchscreen, etc.
- Creation of overflow conditions at keyboards and other operator input devices by introducing, in a short period, large amount of commands.
- Attempts of unauthorised access, such as use of inhibited or constrained commands for manipulation of the instrument and tampering with mechanical provisions (keylocks, etc.).

4.4.5.1.2 Initial conditions

Before introducing an operator error (misoperation), the instrument shall be adjusted to the normal operational mode without any failure or failure indication. The instrument shall be operated with a triangular input signal as described in 4.3.1.

4.4.5.1.3 Observations

- Temporary or continuous loss of operation of the instrument or the digital communication link.
- Appearance and storage of warning and alarm messages.
- Distortion of messages or displays.
- Appearance of incorrect data on displays.
- Does the error cause damage ?

4.4.5.2 Erreurs de maintenance

La plupart des instruments d'un système de communication numérique peut être échangée en ligne sans interrompre le fonctionnement des liaisons de communication numérique. Cet essai est nécessaire pour déterminer le degré de protection fourni par l'instrument et le système de communication numérique pour empêcher les actions de maintenance incorrecte et en faire un rapport.

4.4.5.2.1 Paramètres à prendre en compte

Les actions incorrectes du personnel de maintenance qui sont prises en compte sont les suivantes:

- échange de câbles de communication redondants;
- adresses incorrectes;
- connexion inversée de câblage d'alimentation, de connecteurs, de cartes de circuits imprimés (si possible);
- installation de connecteurs dans des positions incorrectes (si possible);
- création d'un circuit ouvert en ne connectant pas un connecteur;
- réalisation d'une procédure de démarrage incomplète ou incorrecte;
- abandon de l'instrument à un niveau de confidentialité incorrect;
- utilisation multiple de la même adresse dans un système de communication numérique;
- création d'un court-circuit en touchant des parties adjacentes lors de réglages mécaniques.

4.4.5.2.2 Conditions initiales

Avant d'introduire une erreur, l'instrument et/ou le système de communication numérique sera placé dans un état (mise sous tension ou hors tension) dans lequel l'échange d'instruments défaillants est autorisé. Après l'introduction de l'erreur, il convient d'effectuer toutes les actions qui sont nécessaires pour activer l'instrument échangé.

4.4.5.2.3 Symptômes à déterminer

Le fonctionnement du système sera examiné à l'aide des questions suivantes:

- une action incorrecte est-elle rendue impossible par des mesures mécaniques ? Dans l'affirmative, mentionner le type de mesure; dans le cas contraire:
- le module système peut-il être redémarré ou remis en ligne ? Dans les deux cas (oui ou non) il faut répondre aux trois questions suivantes:
 - l'instrument ou le système de communication numérique rapportent-ils une condition d'erreur ?
 - le fonctionnement de l'instrument concerné et/ou des autres instruments sur la liaison de communication numérique est-il affecté par la tentative de démarrage incorrect ?
 - l'erreur de maintenance cause-t-elle des dommages ?

4.4.6 Domaine de tâche

Ce domaine concerne

- la réponse (comportement dynamique) d'un instrument aux variations des variables mesurées;
- les perturbations dans les parcours de flux d'informations principaux causées par les conditions de surcharge de logiciel qui peuvent apparaître de manière constante en raison de la violation des règles de chargement ou d'une demande élevée temporaire de tâches spécifiques.

4.4.5.2 Maintenance errors

Most instruments in a digital communication system can be exchanged on-line without interrupting the operation of the digital communication link. Testing is needed to determine the degree of protection provided in the instrument and the digital communication system to prevent and report incorrect maintenance actions.

4.4.5.2.1 Parameters to be considered

Incorrect actions of maintenance personnel considered here include:

- interchange of redundant communication cables;
- incorrect address settings;
- reverse connection of power wiring, connectors, printed circuit boards (if possible);
- putting connectors at incorrect positions (if possible);
- leaving an open circuit by not connecting a connector;
- performing incomplete or incorrect start-up procedure;
- leaving the instrument at an incorrect security level;
- multiple use of same address in a digital communication system;
- causing short circuit by touching adjacent parts when performing mechanical adjustments.

4.4.5.2.2 Initial conditions

Before introducing an error the instrument and/or digital communication system will be put into a state (either with power on or switched off) in which exchange of failed instruments is permitted. After introduction of the error, all actions that are required to activate the exchanged instrument should be performed.

4.4.5.2.3 Symptoms to be determined

The system operation will be checked using the following set of questions:

- is incorrect action impossible by mechanical provisions ? If yes, mention the type of provision; if not:
- can the system module be started up or put on-line again ? In both cases (yes or no) the following three questions must be answered:
 - does the instrument or digital communication system report an error condition ?
 - is the operation of the instrument concerned and/or of other instruments on the digital communication link affected by attempted incorrect start-up ?
 - does the maintenance error cause damage ?

4.4.6 Task domain

This domain considers

- the response (dynamic behaviour) of an instrument on changes in the measured variables;
- the disturbances in the main information flow routes caused by software overload conditions that may appear constantly due to violation of loading rules or by temporary high demand of specific tasks.

4.4.6.1 Test de réponse

Le test de réponse peut être effectué à l'aide de différents types de stimuli des variables mesurées. Le test de réponse peut prendre en compte la possibilité de filtres ajustables par l'utilisateur, lorsqu'ils existent. Les stimuli à prendre en compte sont, entre autres, les suivants:

- perturbation indicielle;
- perturbation de rampe;
- perturbation de l'onde sinusoïdale.

De plus amples détails sur les tests de réponse indicielle et de réponse en fréquence sont donnés dans la CEI 61298.

Le test peut également être effectué sur une liaison de communication numérique comme décrit en 4.2. Les stimuli d'entrée arrivent alors dans un instrument de mesure et la réponse en sortie d'un actionneur ou d'un régulateur peut être mesurée.

4.4.6.2 Essais de capacité de transfert

NOTE Les procédures décrites ci-dessous sont destinées aux instruments à une seule boucle de régulation en version indépendante ou en combinaison avec une liaison de communication numérique. Dans une liaison de communication numérique, les essais de capacité de transfert peuvent nécessiter une liaison avec le nombre maximal d'instruments connectés.

4.4.6.2.1 Régulateur (instrument) de capacité de transfert

4.4.6.2.1.1 Conditions initiales

- Définir les parcours des flux d'informations concernés (voir 4.1). Les parcours des flux d'informations concernés seront vérifiés comme indiqué en 4.3.1.
- Définir la charge de base pour l'automate et le système de communication numérique comprenant la configuration minimale du matériel et une taille minimale de programme d'application.
- Définir ou mesurer les durées de cycle pour l'automate (l'instrument), l'interface de communication et la connexion instrument/instrument par l'intermédiaire d'une liaison de communication numérique.
- Mesurer les temps d'appel des types appropriés d'affichages (processus/opérateur) et les temps d'accès (opérateur/processus) à la charge de base.

Les données ci-dessus sont les chiffres de référence pour comparer le comportement lorsqu'on augmente la charge de logiciel.

On doit connaître les éléments suivants concernant l'instrument et le système de communication numérique:

- procédures et méthodes pour le calcul et/ou la prévision des facteurs de charge par rapport aux différentes durées de cycles, aux temps d'exécution des blocs fonctionnels utilisés et au nombre d'instruments connectés à la liaison de communication numérique;
- limites de capacité de transfert par rapport aux durées de cycle et aux effets à attendre lorsque ces limites sont atteintes, liste des mesures prises pour empêcher le dépassement de ces limites de capacité de transfert;
- informations sur les temps d'appel et d'accès par rapport à la configuration de bus;
- informations sur les tailles des registres tampons et les mécanismes de transfert de messages;
- informations sur la structure du logiciel multitâche, sur l'attribution des priorités.

4.4.6.1 Response testing

Response testing can be performed using different types of stimuli to the measured variables. Response testing may take into account the possibility of user-adjustable filters, if provided. Stimuli to be considered include:

- step disturbance;
- ramp disturbance;
- sine wave disturbance.

For details on step and frequency response testing IEC 61298 shall be consulted.

The testing can also be performed in a digital communication link as shown in 4.2. The input stimuli may then enter a measuring instrument and the response of an actuator or controller output may be measured.

4.4.6.2 Throughput testing

NOTE The procedures described below are meant for single loop instruments in stand alone versions or in combination with a digital communication link. In a digital communication link, throughput testing may require a link with the maximum number of instruments connected.

4.4.6.2.1 Controller (instrument) throughput

4.4.6.2.1.1 Initial conditions

- Define relevant information flow routes (see 4.1). The relevant information flow routes will be checked as indicated in 4.3.1.
- Define base load for controller and digital communication system comprising a minimum size hardware configuration and a minimum size application programme.
- Define or measure cycle times for controller (instrument), communication interface and instrument-to-instrument connection over a digital communication link.
- Measure call-up times of relevant types of displays (process-to-operator) and the access times (operator-to-process) at the base load.

The above data are the reference figures for comparing the behaviour when increasing the software load.

The following shall be known about the instrument and the digital communication system:

- procedures and methods for calculating and/or predicting the load factors with respect to the various cycles times, the execution times of the function blocks used and the number of instruments connected to the digital communication link;
- throughput limits in relation to cycle times and the effects to be expected when reaching these limits, a listing of measures taken to prevent passing throughput limits;
- information on call-up and access time in relation to bus configuration;
- information on sizes of buffers and the message transfer mechanisms;
- information on structure multitasking software, assignment of priorities.

4.4.6.2.1.2 Méthode de mesure

Pour les essais en indépendant, l'instrument sera connecté à l'équipement auxiliaire (ordinateur ou terminal manuel) pour lecture et accès.

Les mesures et d'autres observations sur les parcours de flux d'informations principaux seront réalisées tout en augmentant la charge par l'intermédiaire

- d'une tâche de commande ou mesure: des blocs fonctionnels seront ajoutés de la charge de base à une charge maximale spécifiée selon des étapes prédéfinies;
- d'un téléchargement de configuration (par l'intermédiaire d'un ordinateur ou d'un terminal manuel);
- d'une demande de rapport (par l'intermédiaire d'un ordinateur ou d'un terminal manuel);
- d'une tâche de traitement des alarmes/des événements.

4.4.6.2.1.3 Réponse de l'instrument à mesurer

Pendant chaque essai, les observations et mesures suivantes seront effectuées:

- la vitesse de mise à jour de la valeur de sortie de l'instrument peut être:
 - non affectée,
 - ralentie (mesure),
 - stoppée de manière temporaire (mesure),
 - stoppée de manière permanente;
- ralentissement de l'appel et de l'accès sur les dispositifs E/S de l'opérateur (mesure);
- perte d'informations;
- messages de diagnostic appropriés.

4.4.6.2.2 Capacité de transfert d'une liaison de communication numérique

4.4.6.2.2.1 Conditions initiales

- Définir les parcours des flux d'informations pertinents (voir 4.1). Les parcours des flux d'information pertinents seront vérifiés comme indiqué en 4.3.1.
- Définir une charge de base pour le régulateur et le système de communication numérique comprenant une configuration du matériel de taille minimale et un programme d'application d'une taille minimale.
- Définir ou mesurer les durées des cycles pour le régulateur (instrument), l'interface de communication et la connexion entre instruments par une liaison de communication numérique.
- Mesurer les durées d'appel des types d'affichage appropriés (processus à opérateur) et les durées d'accès (opérateur à processus) à la charge de base.

Les données ci-dessus constituent des valeurs de références pour comparer le comportement lorsque la charge du logiciel augmente.

Les éléments suivants doivent être connus en ce qui concerne l'instrument et le système de communication numérique:

- les procédures et méthodes de calcul et/ou de prédiction des facteurs de charge par rapport aux différentes durées des cycles, aux durées d'exécution des blocs fonctionnels utilisés et au nombre d'instruments connectés à la liaison de communication numérique;
- les limites de capacité de transfert relativement à la durée des cycles et aux effets escomptés lorsque l'on atteint ces limites; une liste des mesures prises pour éviter de dépasser les limites de capacité de transfert;

4.4.6.2.1.2 Measurement method

In the stand-alone tests, the instrument will be connected to auxiliary equipment (computer or hand terminal) for read out and access.

Measurements and further observations at the main information flow routes will be performed while increasing the load via:

- control or measurement task: function blocks will be added from the base load to a specified maximum load in predefined steps;
- configuration up- or download (via computer or hand terminal);
- report request (via computer or hand terminal);
- alarm/event handling task.

4.4.6.2.1.3 Instrument response to be measured

During each test, the following observations and measurements will be made:

- the output update rate of the instrument may be
 - unaffected,
 - slowed down (measurement),
 - temporarily stopped (measurement),
 - continuously stopped;
- slow down of call-up and access on operator I/O devices (measurement);
- loss of information;
- relevant diagnostic messages.

4.4.6.2.2 Throughput of a digital communication link

4.4.6.2.2.1 Initial conditions

- Define relevant information flow routes (see 4.1). The relevant information flow routes will be checked as indicated in 4.3.1.
- Define base load for controller and digital communication system comprising a minimum size hardware configuration and a minimum size application programme.
- Define or measure cycle times for controller (instrument), communication interface and instrument-to-instrument connection over a digital communication link.
- Measure call-up times of relevant types of displays (process-to-operator) and the access times (operator-to-process) at the base load.

The above data are the reference figures for comparing the behaviour when increasing the software load.

The following shall be known about the instrument and the digital communication system:

- procedures and methods for calculating and/or predicting the load factors with respect to the various cycles times, the execution times of the function blocks used and the number of instruments connected to the digital communication link;
- throughput limits in relation to cycle times and the effects to be expected when reaching these limits, a listing of measures taken to prevent passing throughput limits;

- des informations sur les durées d'appel et d'accès relativement à la configuration de la liaison de communication numérique;
- des informations sur la taille des tampons et les mécanismes de transfert des messages;
- des informations concernant la structure des logiciels multitâches et de l'assignation des priorités.

4.4.6.2.2 Méthode de mesure

Pendant cet essai, les instruments de la liaison de communication numérique ne seront pas connectés à un ordinateur ou un terminal manuel séparé.

Les mesures et des observations plus complètes des parcours de flux d'informations principaux seront effectuées en augmentant la charge matérielle et la charge logicielle:

- en augmentant le nombre d'instruments actifs;
- par la tâche de traitement d'alarme:
 - signaux d'alarme de longueur prédéfinie;
 - alarmes continues permanentes;
- par demande de rapport;
- par téléchargement de configuration.

Les essais peuvent encore être complétés, si nécessaire, en ajoutant une autre interface opérateur (ordinateur) à la liaison de communication numérique.

4.4.6.2.3 Réponse du système à mesurer

Pendant chaque essai, le comportement de l'instrument et du système de communication numérique, y compris l'interface opérateur, sera observé. Les observations et les mesures suivantes seront effectuées:

- la vitesse de mise à jour des valeurs de sortie des boucles d'essai dans le système de communication numérique peut être:
 - non affectée,
 - ralentie (mesure),
 - stoppée de manière temporaire (mesure),
 - stoppée de manière permanente;
- ralentissement de l'appel et de l'accès sur les dispositifs E/S de l'opérateur (mesure);
- message d'alarme système indiquant une surcharge;
- détermination des points d'atteinte de dépassement et perte de messages pour l'essai de contrainte d'alarme;
- étiquetage temporel correct (ordre des événements) à l'interface opérateur;
- perte d'informations;
- messages de diagnostic appropriés.

4.4.6.2.4 Précautions

Il est important de prendre en compte, lors de la conception des procédures d'essai d'un système de communication spécifique, la façon dont les instruments et la liaison de communication interagissent de manière inhérente ou peuvent se mettre à interagir après intervention de l'utilisateur. Par exemple, choisir de mauvais niveaux de priorité ou considérer qu'une méthode de transfert de données n'est pas utilisée dans le système considéré peut conduire à des méthodes d'essai et des conclusions incorrectes.

- information on call-up and access time in relation to digital communication link configuration;
- information on sizes of buffers and the message transfer mechanisms;
- information on structure multitasking software, assignment of priorities.

4.4.6.2.2 Measurement method

During this test, the instruments on the digital communication link will not be connected to a separate computer or hand terminal.

Measurements and further observations at the main information flow routes will be performed while increasing the hardware load and the software load by

- increasing the number of active instruments;
- alarm handling task:
 - alarm bursts of predefined length;
 - steady continuous alarm rates;
- report request;
- up-loading or downloading configuration.

The testing can be further expanded, if required, by adding another operator interface (computer) to the digital communication link.

4.4.6.2.3 System response to be measured

During each test, the behaviour of the instrument and the digital communication system, including its operator interface, will be observed. The following observations and measurements will be made:

- the output update rate of the test loops in the digital communication system may be:
 - unaffected,
 - slowed down (measurement),
 - temporarily stopped (measurement),
 - continuously stopped;
- slow down of call-up and access at I/O devices of operator interface (measurement);
- system alarm message indicating overload;
- determination of points of reaching overflow and loss of messages for alarm stress test;
- correct time labelling (sequence of events) at operator interface;
- loss of information;
- relevant diagnostic messages.

4.4.6.2.4 Precautions

It is important to take into account, when designing the test procedures for a specific communication system, the way the instruments and communication link are inherently interacting or can be made interacting by the user. Setting for instance wrong priority levels or assuming a data transfer method not used in the system under consideration may lead to incorrect test methods and conclusions.

4.4.7 Domaine du matériel (essai d'insertion de défaillance)

Pendant cet essai, le fabricant doit être présent sur le site d'essai pour fournir son assistance et expliquer tout comportement inattendu et signaler les essais pouvant causer des dommages. Le programme des défaillances à insérer sera établi en coopération avec le fabricant.

4.4.7.1 Description d'essai

L'essai est destiné à déterminer le comportement lors d'une défaillance (sûreté de fonctionnement) d'un instrument en cas de défaillance interne unique. L'essai est applicable:

- aux instruments non redondants avec autotest;
- aux instruments non redondants avec autotest et modes de sauvegarde définis lors d'une défaillance;
- aux instruments redondants avec autotest.

4.4.7.2 Paramètres à examiner

Le programme réel pour l'essai d'insertion de défaillance sera établi en coopération avec le fabricant. Dans ce cadre, le fabricant doit fournir les schémas de blocs fonctionnels et les schémas de circuits et de câblages détaillés. Ces schémas seront utilisés pour établir un cadre définissant

- les emplacements où les défaillances seront introduites;
- le type de défaillance, et comment on obtient une simulation de défaillance adaptée.

La structure générique de ce programme est donnée ci-dessous et prend en compte le fait que les instruments peuvent avoir des parties redondantes. Les types de défaillances suivants peuvent être introduits:

- perte d'alimentation vers les parties redondantes, primaire et secondaire séparément;
- perte d'alimentation vers les parties non redondantes;
- perte de communication;
- perte d'alimentation des unités d'alimentation redondantes; primaire et secondaire séparément;
- perte d'alimentation des unités d'alimentation non redondantes;
- perte d'alimentation (24 V, 5 V, ± 15 V, etc.) vers différents modules dans l'instrument;
- perte de parties communes dans un instrument redondant;
- perte de circuits sur une carte à circuits imprimés ayant pour conséquence une position 0 ou 1 de signaux spécifiques;
- perte de composants sur une carte à circuits imprimés ayant pour conséquence une position 0 et 1 de signaux spécifiques;
- perte d'alimentation vers les périphériques (console de visualisation, claviers, imprimantes, unités de disques, etc.);
- perte de communication avec les périphériques;
- circuit ouvert/court-circuit sur les lignes d'alimentation, les lignes de bus, les lignes d'adresse (par exemple multiplexeurs d'entrée).

NOTE Au niveau du composant, les essais peuvent être limités aux composants qui, selon le fabricant, sont surveillés de manière intentionnelle par le système d'auto-diagnostic ou considérés comme essentiels. Les défaillances de composants à examiner sont les suivantes:

- circuit entre deux entrées constitué de nombreuses portes électroniques (par exemple transistors, thyristors, CIs) ouvert ou court-circuit; ou bien une porte reçoit de manière continue un signal logique «0» ou «1»;
- les relais ne s'ouvrent pas ou ne se ferment pas;
- les relais s'ouvrent ou se ferment sans commande correspondante;
- résistance/condensateur/diode qui se met en court-circuit ou en circuit ouvert.

4.4.7 Hardware domain (failure insertion testing)

During this testing, the manufacturer shall be present at the test site to provide support, to explain unexpected behaviour and to warn for damaging tests. The programme of failures to be inserted will be set up in co-operation with the manufacturer.

4.4.7.1 Test description

The test is meant to determine the failure behaviour (dependability) of an instrument when challenged by single internal failures. The test is applicable for:

- single instruments with self-test;
- single instruments with self-test and defined fall-back (failure) modes;
- redundant instruments with self-test.

4.4.7.2 Parameters to be considered

The actual programme for the failure insertion test will be established in co-operation with the manufacturer. For this purpose, he shall provide detailed functional block diagrams and circuit and wiring diagrams. These will be used for setting up a scheme defining:

- the locations where failures will be introduced;
- the type of failure and how a suitable failure simulation is achieved.

The generic structure for this programme is worked out below and takes into account that instruments can have redundant parts. The following types of failures may be introduced:

- loss of power to redundant parts, primary and secondary separately;
- loss of power to single parts;
- loss of communication;
- loss of power of redundant power supply units; primary and secondary separately;
- loss of power of single power supply units;
- loss of power (24 V, 5 V, ± 15 V, etc.) to various modules in instrument;
- loss of common parts in a redundant instrument;
- loss of circuits on printed circuit boards resulting in 0 or 1 position of specific signals;
- loss of components on printed circuit boards resulting in 0 and 1 position of specific signals;
- loss of power to peripherals (visual display units, keyboards, printers, diskdrives, etc.);
- loss of communication with peripherals;
- open/short-circuit at power lines, bus lines, address lines (e.g. input multiplexers).

NOTE At the component level, the testing may be limited to components which are, according to the manufacturer, intentionally monitored by the self-diagnostic system or considered essential. Component failures to be considered are:

- circuitry between two ports in solid state components (e.g. transistors, thyristors, ICs) is open-circuited or short-circuited; or a port continuously receives a logic "0" or "1" signal;
- relays fail to close or to open;
- relays close or open when not demanded;
- resistor/capacitor/diode becomes short-circuited or open-circuited.

4.4.7.3 Conditions initiales

Avant introduction de la défaillance, l'instrument doit être réglé dans son mode de fonctionnement normal et les alarmes d'autotests doivent être remises à zéro. Si les alarmes d'autotest ne peuvent pas être remises à zéro, le fabricant doit contrôler, réinitialiser ou réparer l'instrument. Les entrées et les sorties correspondantes doivent toutes être dans un état de fonctionnement prédéfini.

4.4.7.4 Observations

Le comportement du système en condition de défaillance sera déterminé en répondant aux questions indiquées en 4.3.5.1.

4.4.8 Domaine du système externe

Ce domaine prend en compte des perturbations de nature électrique et électromagnétique qui arrivent à un instrument par les connexions à une liaison de communication numérique. Les aspects opérationnels sont traités en 4.4.6.2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62098:2000

4.4.7.3 Initial conditions

Before failure introduction, the instrument shall be set to the normal operational mode and self-test alarms cleared. If self-test alarms cannot be cleared, the manufacturer shall inspect, reset or repair the instrument. The inputs and the related outputs shall all be in a pre-defined operational state.

4.4.7.4 Observations

The system behaviour in failed condition will be determined by answering the set of questions given under 4.3.5.1.

4.4.8 External system domain

This domain considers disturbances of electrical and electromagnetic nature that enter an instrument through the connections to a digital communication link. Operational aspects are considered in 4.4.6.2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 62098:2000

Annexe A (normative)

Considérations pour mesurer la précision

Les dispositifs permettant d'appliquer la grandeur physique, sous la forme d'une valeur précise et traçable, à l'instrument pendant une évaluation sont un problème important. Il peut être nécessaire d'avoir un équipement complexe dans lequel tous les facteurs qui influencent la grandeur à appliquer en entrée d'un matériel sous test sont suffisamment maîtrisés. Il est possible que cet équipement ne soit pas portable et que certains essais (par exemple de vibrations, de température ambiante) s'avèrent coûteux. On doit examiner si cet équipement est nécessaire pour tous les essais. A l'exception du cas des mesures de précision, les essais nécessitent souvent uniquement des signaux stables et pouvant être répétés de manière précise. Il est ensuite possible de décider de réaliser ces essais avec des installations remplissant ces prescriptions.

La mesure d'une courbe d'étalonnage complète dans chacune des conditions d'essai d'environnement peut devenir économiquement irréalisable. On peut alors décider de réaliser des mesures avec une valeur d'entrée de 0 % et/ou de 100 % ou avec une valeur arbitraire proche de 0 % et 100 %. Cette réduction à des mesures à zéro et 100 % (plage) est autorisée seulement lorsque la caractéristique d'E/S du matériel en essai est linéaire. Pour un instrument dont la caractéristique n'est pas linéaire, la mesure est à effectuer en un nombre plus important de points de la plage.

Pour certains essais, il peut également être décidé de procéder aux mesures en un point fixe (par exemple 50 % ou 90 %).

Dans le cas le plus défavorable, on peut être amené à devoir écarter un essai.

Pour les instruments qui ne sont pas équipés d'un ensemble capteur (comme les transmetteurs de température), une simulation électrique suivant des tableaux normalisés ou des valeurs agréées remplace l'ensemble du capteur.

L'instrument peut également être équipé d'un circuit d'entrée numérique auxiliaire qui peut être essentiel dans certaines applications. C'est pourquoi il peut être également décidé de le prendre en compte pour l'évaluation.

L'incertitude des installations et de l'équipement de mesure utilisé doit être déterminée, ainsi que la somme quadratique des incertitudes de tous les instruments et équipements utilisés.

Annex A (normative)

Considerations on measuring accuracy

The facilities for introducing the physical quantity to the instrument in an accurate and traceable way during an evaluation are an important issue. Extensive equipment may be required in which all factors influencing the quantity to be applied as an input to the equipment under test (EUT) are sufficiently controlled. This equipment may not be portable and certain tests (for instance vibration, ambient temperature) may become extremely expensive. It shall be considered whether this equipment is necessary for all these tests. Except for the accuracy measurements, the tests often only require stable and accurately repeatable signals. It may be decided then to perform these tests with facilities fulfilling these requirements.

Measuring a full calibration curve under each environmental test condition may become economically not feasible, and it may be decided to perform measurements at "zero-input" and/or 100 %-input or with an arbitrary input close to 0 % and 100 %. This reduction to zero and 100 % (span) measurements only is solely permitted when the I/O-characteristic of the EUT is linear. For an instrument with a non-linear characteristic more points have to be measured over its range.

For certain tests it may also be decided to perform measurements at a fixed point (e.g. 50 % or 90 %).

In the worst case it may have to be decided to skip a test.

For instruments that are not equipped with a sensor assembly (such as temperature transmitters) an electric simulation following standardised tables or agreed values replaces the sensor assembly.

The instrument may also be equipped with an auxiliary digital input circuit which may be essential in certain applications. Therefore, it may be decided also to consider it for the evaluation.

The uncertainty of the facilities and the measuring equipment used shall be determined as the RSS (root sum square) value of the uncertainties of all instruments and equipment used.